

NUDOS: INTERSECCIONES, GLORIETAS Y ENLACES. PRINCIPIOS BÁSICOS Y ELEMENTOS DEL TRAZADO

ués
ués

1. INTRODUCCIÓN

Los **nudos** constituyen una parte esencial de una red viaria, ya que en ellos el usuario puede cambiar de dirección para seguir el camino que desee. Una adecuada disposición de los **tramos** de la red (carreteras convencionales, vías rápidas, autopistas y autovías) y de sus nudos (intersecciones, glorietas y enlaces) permitirá atender a un máximo de itinerarios con un mínimo de elementos, en condiciones de comodidad y seguridad.

Hay que distinguir las intersecciones, o nudos en los que todos los movimientos de cruce se efectúan a nivel, de los enlaces, en los que al menos uno de los cruces se realiza a distinto nivel. Las glorietas son unas intersecciones especiales en las que los vehículos se insertan en una calzada prioritaria cuya forma es anular.

Frente al carácter lineal de los tramos, las intersecciones y las glorietas presentan uno marcadamente bidimensional, que pasa a tridimensional en los enlaces.

Las intersecciones y glorietas (y, en gran parte, los enlaces) se re-corren a una velocidad bastante inferior a la de los tramos que a ellos acceden, llegándose incluso a la detención, con las consiguientes demoras. Por ello, los nudos son unos puntos críticos en cuanto a capacidad y seguridad. A la disminución de la capacidad y del nivel de servicio asociada a una circulación discontinua, se añade una peligrosidad confirmada por las estadísticas. Aproximadamente la mitad de los accidentes con víctimas en las zonas urbanas tienen lugar en sus nudos; fuera de poblado, dicho porcentaje es del orden del 15 %, pero hay que tener en cuenta la menor frecuencia de los nudos. Una tercera parte de los **tramos de concentración de accidentes** de una red viaria contienen un nudo.

a que:

Otra característica importante de los nudos es su elevado coste, debido

Ocupan una mayor superficie, de la que buena parte no es aprovechada por los vehículos.

- Tienen una mayor superficie pavimentada.
- Necesitan unos dispositivos de ordenación y regulación de la circulación (señalización, balizamiento, semáforos) que son costosos.
- En los enlaces se necesitan unas obras de paso para materializar el cruce (o cruces) a desnivel.
- Como siempre, es preciso equilibrar las exigencias de una circulación fluida, económica y segura, con el coste de la infraestructura necesaria.

2. PRINCIPIOS BÁSICOS

Para conseguir que un nudo funcione adecuadamente, hay que tener en cuenta las posibilidades y las limitaciones de sus usuarios: los vehículos y sus conductores y, eventualmente, los peatones.

La selección de un vehículo patrón cuyas dimensiones y características de maniobra sólo sean superados por una escasa proporción del total, asegura también la circulación de los menores que él.

En cuanto a los conductores, el funcionamiento del nudo no se debe basar en un comportamiento ideal, sino en el real. Esto hace, por ejemplo, que la ordenación de la circulación y, especialmente, la señalización, hayan de ser tenidas en cuenta desde el principio del diseño, y no meramente añadidas al final. El diseño se debe dirigir hacia los conductores no habituales y relativamente inexpertos, y debe tener en cuenta sus errores. Para lograrlo, hay que atenerse a dos criterios principales: sencillez y uniformidad.

La sencillez exige que todos los movimientos permitidos resulten fáciles y evidentes, incluso para los conductores no familiarizados con el nudo: mientras que los movimientos prohibidos o no deseados deben resultar estorbados o difíciles de realizar. Hay que evitar los diseños complejos que requieran unas decisiones complicadas por parte de los conductores, o la dispersión de su atención entre varios puntos de conflicto a la vez.

La mayoría de los conductores tiende a una rutina, y no concentran suficientemente su atención en la conducción. Ante situaciones o entornos similares, buscarán instintivamente unas soluciones basadas en su experiencia anterior. Mientras que un conductor que efectúa todos los días el mismo recorrido está tan familiarizado con éste, que no le afectan unas diferencias sustanciales entre los

viaaria puede confundirse ante unas situaciones que pongan de manifiesto una falta de uniformidad, tales como:

Una serie de intersecciones con carril de espera para girar a la izquierda, entre las que se intercale otra en la que, para la misma maniobra, se ha previsto un ramal semidirecto o "cayado".

Una serie de enlaces con una sola salida por la derecha delante de un paso superior, entre los que se intercala otro con una salida por la derecha detrás del paso; o (lo que es peor) una salida por la izquierda.

3. PUNTOS DE CONFLICTO

En un nudo, las interacciones posibles entre las trayectorias de los vehículos son de cuatro tipos:

- Circulación paralela:** la interacción es parecida a la que tiene lugar en los tramos, lejos de cualquier nudo. Las interacciones se deben a las diferencias de velocidad y a los cambios de fila si hay más de un carril por sentido: cada uno de éstos requiere, como mínimo, unos tres segundos.
- Divergencia:** dos trayectorias se separan de una común. Si el cambio de fila se facilita con suficiente antelación (carril adicional de deceleración), este caso participa del anterior.
- Convergencia:** dos trayectorias se unen en una común. Si la inserción de los vehículos procedentes de una fila en los huecos de la otra se facilita mediante un carril adicional de aceleración, también este caso participa del a).
- Cruce:** dos trayectorias ocupan temporalmente un mismo lugar, en instantes diferentes. Si el cruce se realiza a nivel, al menos una de las dos corrientes de tráfico debe disminuir su velocidad, o incluso detenerse.

Las interacciones b), c) y d) dan origen a lo que se llama **puntos de conflicto**.

En un **tramo de trenzado** se combinan sucesivamente una convergencia, un tramo de circulación paralela, y una divergencia. Si sus dimensiones (longitud, número de carriles) son suficientes, se puede mantener en él una velocidad

Un nudo bien proyectado está formado por un conjunto bien organizado de puntos de conflicto y, en su caso, tramos de trenzado. En general, las condiciones de circulación mejoran al disminuir el número de puntos de conflicto: por ejemplo, al suprimir movimientos no prioritarios, o que se puedan resolver de otra manera.

El número de los puntos de conflicto de un nudo aumenta muy rápidamente con el número N de tramos (considerado cada uno de doble sentido de circulación) que en él confluyen (Fig. 1). El número de convergencias es igual al de divergencias, $N(N-2)$; mientras que el de cruces es $\frac{N^2(N-1)(N-2)}{6}$. Por lo tanto, en lo relativo a los cruces no resultan convenientes los nudos a los que accedan más de cuatro tramos. Para un número más elevado, hay que usar otras soluciones que reduzcan los puntos de conflicto, prohibiendo o agrupando ciertos movimientos, separando algunos niveles (enlaces), o mediante una circulación giratoria (glorietas).

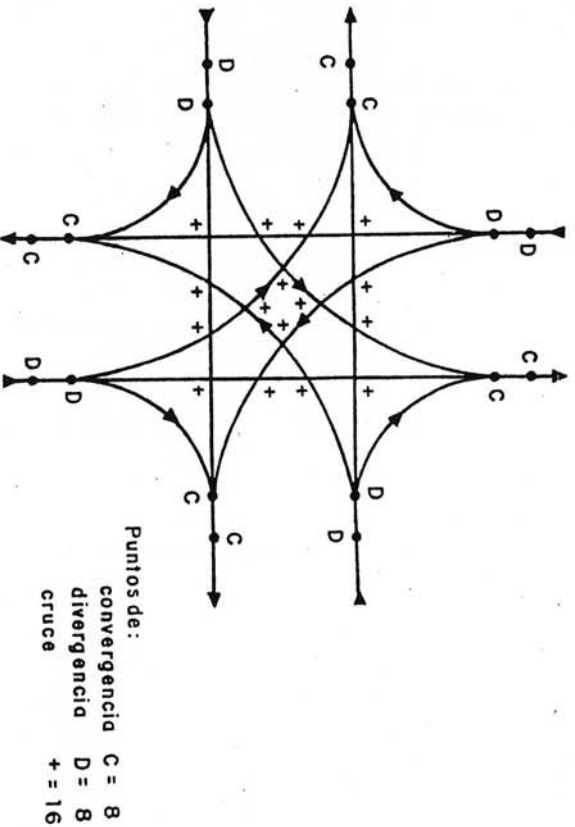


FIG. 1 PUNTOS DE CONFLICTO EN UN NUDO DE CUATRO TRAMOS

También la distancia entre los puntos de conflicto influye en las condiciones de la circulación: hay que tener en cuenta las velocidades de los vehículos, y las necesidades de acumulación de los que tengan que esperar. En las intersecciones reguladas por semáforos, al haber una separación temporal entre ciertos movimientos, sus puntos de conflicto no necesitan estar separados espacialmente.

Los puntos de conflicto son ocasiones potenciales de accidentes, y es la posibilidad es tanto mayor cuanto menor sea la de encontrar un hueco en la corriente de tráfico con la que se interacciona; en definitiva, cuanto mayores sean las intensidades de circulación.

Tiene, además, una gran influencia en la gravedad de un accidente la velocidad relativa de los vehículos en conflicto. En una convergencia, interesa que la componente de la velocidad de un vehículo, paralela a la del otro sea lo más parecida posible a ésta, en tanto que la componente perpendicular debe ser lo menor posible. Es decir, interesan unos ángulos pequeños entre las trayectorias, y unas velocidades análogas (Fig. 2).

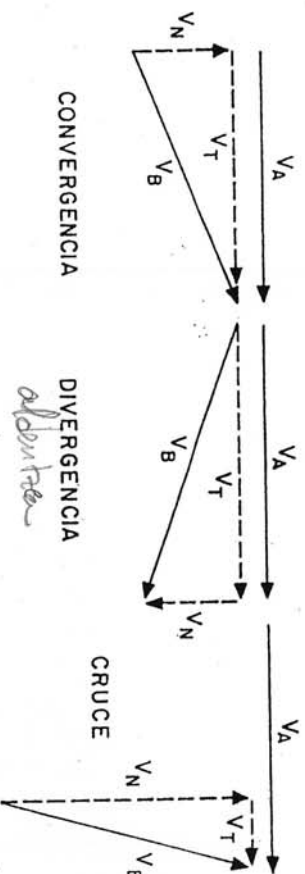


FIG. 2 VELOCIDADES RELATIVAS EN LOS PUNTOS DE CONFLICTO

Las divergencias responden a un esquema similar. Interesa, para evitar las colisiones por alcance, igualar las velocidades de los vehículos cuyas trayectorias se separan: si uno de ellos va a tener que reducir su velocidad o, incluso, detenerse, puede ser necesario disponer un carril de cambio de velocidad, combinado o no con otro de espera.

Para disminuir el tiempo necesario para realizar una maniobra de cruce a nivel, interesa que las trayectorias se corten perpendicularmente, y no bajo un ángulo pequeño (en todo caso, no menor de 60 gon). Además, así se logran unas mejores condiciones de visibilidad y de evaluación de la velocidad del otro vehículo.

Para evitar las colisiones en los puntos de cruce, hay que adoptar una ordenación de la circulación de los vehículos de ambas trayectorias. El sistema más simple es el establecimiento de una prioridad fija a favor de una de las dos corrientes sobre la otra. Fuera de poblado, esta ordenación suele dar buenos resultados mientras las intensidades de circulación no sean excesivas, sobre todo la no prioritaria (Cap. 16.2).

En las zonas urbanas, donde las intensidades son elevadas, esa ordenación no funciona tan bien, ya que su capacidad es limitada. La solución normal es la asignación sucesiva de la prioridad a las distintas corrientes, mediante un **semáforo**, el cual permite muchas combinaciones de fases y carriles especiales. Por el contrario, el semáforo casi nunca es una buena solución fuera de poblado: resulta poco habitual, y su presencia inesperada puede constituir un peligro.

Otra forma de resolver los conflictos provocados por los cruces a nivel es la **glorieta**, de aplicación típicamente urbana y perit urbana, y que permite atender a un número de tramos más elevado.

Por último, donde las intensidades de circulación rebasan la capacidad de las ordenaciones anteriores, hay que recurrir a una separación en el espacio, es decir, a efectuar el cruce a distinto nivel, dando lugar a un **enlace**. La capacidad de esta solución es muy superior, al eliminar las detenciones y los trenzados. También la comodidad y la seguridad son mayores, al desaparecer la necesidad de estar atento a otros vehículos y las posibilidades de colisión. El mayor inconveniente reside en el coste de la obra de paso, y de las modificaciones del perfil longitudinal necesarias para materializar el desnivel.

4. DATOS NECESARIOS PARA EL PROYECTO

Para proyectar un nuevo nudo, o mejorar uno existente, es necesario tener en cuenta una serie de factores que condicionan el funcionamiento y el coste de la solución escogida. Estos factores son los siguientes:

- a) **Función y tipo** de los tramos dentro de la red: determina la clase de nudos que se conviene emplear (y, sobre todo, las que no se pueden emplear), los métodos de ordenación de la circulación, la separación mínima entre los nudos, etc.; no sólo en relación con la situación actual, sino también con el desarrollo de la red que pueda afectar al nudo, especialmente en el caso de carreteras de calzada única que se puedan transformar en otras con calzadas separadas. Esto puede dar lugar a una costosa modificación del nudo, si no se hubiera previsto de antemano.

- b) **Tráfico y accidentes**: es necesario conocer las intensidades y la composición del tráfico de todos los movimientos posibles en el nudo, así como las previsiones para el futuro. Hay que distinguir entre los movimientos de **paso** (que no cambian de dirección) y los movimientos de **giro** (que sí lo hacen). Donde las intensidades sean elevadas, es necesario conocer su evolución a lo largo del día, ya que probablemente no coincidirán las horas punta de todos los movimientos, y será

necesario considerar el funcionamiento del nudo para distintas situaciones. Hay que tener en cuenta la capacidad de los tramos, que limitan las intensidades posibles en el nudo. Interesa conocer también la velocidad y su posible regulación, en particular para conseguir un trazado seguro en los puntos de conflicto.

En las zonas urbanas, es preciso tener en cuenta también el tráfico de peatones. Donde haya medios de transporte público que tengan sus paradas cercanas al nudo, es necesario conocer su frecuencia, tiempo de detención, situación de la parada y posibilidad de su modificación, etc.

Para mejorar un nudo ya existente, es necesario estudiar las características de los accidentes que hayan ocurrido en él, para tratar de corregir el diseño de forma que se reduzcan la posibilidad y gravedad de nuevos accidentes.

- c) **Emplazamiento del nudo**: se necesitan unos planos topográficos más detallados y a mayor escala que los que se emplean para el proyecto de los tramos, ya que la forma del terreno tiene gran importancia en la visibilidad desde los distintos accesos y en la disposición de las eventuales obras de paso. Además es necesario tener datos sobre las edificaciones, plantaciones, instalaciones, servicios, etc., y sobre el uso del suelo previsto en los planes urbanísticos. Alguno de estos datos puede variar en el futuro.

5. ELEMENTOS DEL TRAZADO

Los vehículos que llegan a un nudo pueden seguir, salvo que sean físicamente imposibles o estén prohibidas, tres trayectorias distintas: un movimiento de **paso**, con una trayectoria más o menos recta que puede cruzar a otras; un **giro a la derecha**; o un **giro a la izquierda**. El diseño del nudo consiste, en esencia, en combinar los elementos más adecuados para que estos movimientos se puedan llevar a cabo con seguridad y comodidad.

5.1 Movimientos de paso

Para acomodarlos, basta que la trayectoria que pasa cruce a las demás:

Con el número necesario de carriles para el nivel de servicio deseado, teniendo en cuenta la ordenación de la circulación utilizada para esos cruces: a nivel (mediante prioridad fija de paso, glorieta o semáforo) o a desnivel (mediante una obra de paso).

Manteniendo claramente su continuidad a través del nudo.

Donde los vehículos se tengan que detener para ceder el paso a otros, o para seguir las indicaciones de un semáforo, hay que colocar la línea de parada antes de entrar en la otra calzada, para no interferir el paso por ésta.

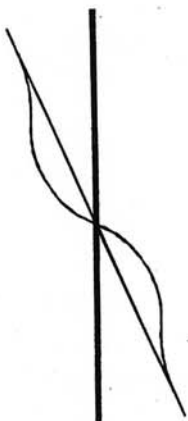


FIG. 3 MODIFICACIÓN DEL ÁNGULO DE CRUCE

El ángulo de cruce de dos trayectorias no debe bajar de 60° ; para lo cual puede resultar necesario modificar localmente el trazado original de al menos una de las dos vías (normalmente la menos importante) (Fig. 3).

En la zona del nudo (excepto si se trata de una glorieta), los tramos deben conservarse, incluso, mejorar sus características para mantener el nivel de servicio a pesar de la perturbación producida por la presencia del nudo. Además, es preciso que la visibilidad disponible en esta zona sea la mayor posible, para que los conductores puedan identificar fácilmente las opciones que se les ofrecen; hay que evitar las curvas y los acuerdos verticales que oculten, siquiera parcialmente, los puntos de conflicto.

El emplazamiento de las obras de paso en un enlace puede estar influido por diversas consideraciones:

- Es preferible que pasen sobre los demás los tramos que necesitan unas obras de paso de menor coste, por su luz y anchura.
- En un terreno llano, son necesarios unos largos accesos en terraplén para alcanzar el gálibo en el cruce; en este caso, interesa elevar los tramos de menor sección, para disminuir las explanaciones y la anchura de las obras de paso.
- En los terrenos que no sean llanos, conviene adaptarse al relieve del terreno, para evitar unas grandes explanaciones y los problemas de drenaje.
- Para una percepción adecuada desde la vía principal, es preferible que sea ésta la que pase bajo las obras de paso.

5.2 Giros a la derecha

Los vehículos abandonan una corriente de tráfico (salida en un punto de divergencia), y se incorporan a otra (entrada en un punto de convergencia).

La forma normal de resolver un giro a la derecha es mediante una vía de giro o ramal **directo** (Fig. 4), que sale y entra por la derecha y no cruza ninguna trayectoria de paso.

Un ramal directo no suele tener inflexiones; pero, si dentro del mismo cuadrante, hay un lazo y no se desea ocupar mucho espacio, se ciñe a éste con dos curvas en S seguidas (Fig. 5).

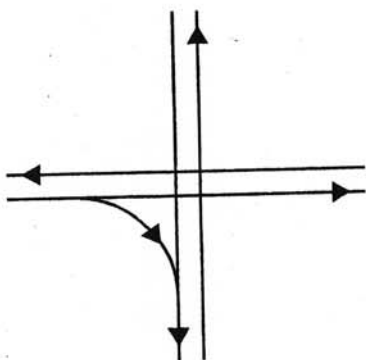


FIG. 4 GIRO DIRECTO A LA DERECHA

En ciertos tipos de enlace, como en los denominados **tréboles** parciales (Cap. 26.3), se emplean **ramales** del mismo tipo que se usa para girar a la izquierda (Cap. 25.5), como los **semidirectos** o **lazos**.

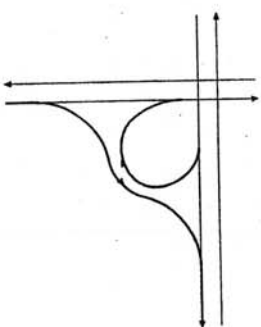


FIG. 5 RAMAL DIRECTO CENIDO A UN LAZO

Donde los giros a la derecha se realizan a una velocidad de maniobra, la vía de giro directa no se despega del punto de cruce de las vías de paso. Si se quiere aumentar la velocidad prevista para el giro (hasta unos 25 km/h), como exige la Norma 3.1-IC "Trazado" (1997) para las intersecciones en las que la menor de las **II.MM.DD.** de las carreteras que a ella acceden es superior a 300 vehículos, hay que utilizar unos radios mayores y ampliar, por tanto, la superficie encerrada en el cuadrante; para no aumentar excesivamente el área de conflicto, es preciso **canalizar** las trayectorias mediante una **isleta encauzadora** (Cap. 25.5) (Fig. 6).

Donde se necesitan unas velocidades más elevadas (> 30 km/h) para el giro, o en un enlace donde se necesita una longitud suficiente para recoger el desnivel correspondiente al gálibo (más el canto de la estructura) en el cruce, el **ramal** se separa totalmente de la zona del cruce, y determina una **isleta** bastante grande.

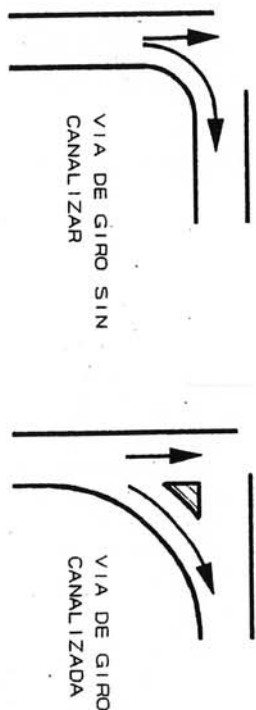


FIG. 6 CANALIZACIÓN DE VÍAS DE GIRO

En un giro, la definición del trazado se debería referir a la trayectoria del centro del eje director del vehículo patrón elegido (Cap. 20.3). Donde no haya inflexiones, la planta se compone de una curva circular, con sus clótidés de transición: en otros casos, hay una sucesión de curvas en S sin tramo recto intermedio (dos para un ramal semidirecto, tres para uno directo ceñido a un lazo).

El alzado está determinado por las condiciones de borde correspondientes a sus extremos, ya que se ha de unir (en cota y pendiente) a las rasantes contiguas en el punto de separación de los bordes exteriores de los arcones; normalmente está formado sólo por acuerdos verticales, sin rasantes uniformes intermedias.

La sección-tipo consta, en general, de una calzada de un solo carril (de 4,00 m de anchura), con un sobreebancho determinado por que el vehículo patrón pase a 25 - 50 cm de sus bordes (Cap. 24.2). El arcén izquierdo, salvo justificación, será de 1,00 m; y el derecho tendrá la anchura mínima del arcén de la carretera de la que se desprende, sin bajar de 1,5 m. Sólo en ramales muy largos se disponen dos carriles (de 3,50 m cada uno, más el sobreebancho); pero hay que cuidar especialmente la fluidez de la circulación en el final del ramal. Si estos ramales son de doble sentido, su plataforma mínima será de 9,00 m, y los arcones tendrán una anchura mínima igual a la del mayor de los arcones de las carreteras que confluyen en el ramal.

Para facilitar los movimientos de entrada y salida de los vehículos, se suelen disponer unas cuñas o unos carriles adicionales para cambiar la velocidad. Según la Norma 3.1-IC "Trazado", en su versión provisional (1997), se dispondrán unos carriles de cambio de velocidad (Caps. 24.2 y 25.5), con independencia de la presencia de carriles adicionales:

En las entradas y salidas de las carreteras con calzadas separadas, de las vías rápidas y, entre las carreteras convencionales, sólo de aquéllas cuya velocidad de proyecto no sea inferior a 80 km/h.

En las entradas y salidas de las carreteras convencionales cuya velocidad de proyecto no sea inferior a 60 km/h, y que tengan una **IMD** > 1 500.

En los demás casos justificados.

5.3 Giros a la izquierda

Los vehículos abandonan una corriente de tráfico (salida en un punto de divergencia) y se incorporan a otra (entrada en un punto de convergencia), igual que en los giros a la derecha; pero, a diferencia de éstos, tienen que cruzar otras corrientes de tráfico. La forma de resolver este cruce caracteriza al nudo: una primera distinción se basa en el lado de las salidas y entradas (Cap. 5.7).

Para los giros a la izquierda, el equivalente topológico del ramal directo en los giros a la derecha es el **lazo** (Fig. 7), el cual también sale y entra por la derecha, no tiene inflexiones, y no cruza ninguna trayectoria. Se aplica exclusivamente en los enlaces. Dado que el lazo tiene un desarrollo angular del orden de 300 gon, para no ocupar demasiado terreno su radio debe ser reducido. Por consiguiente, se recorre a poca velocidad, y su capacidad es limitada.

Otro tipo de ramal, utilizado en algunos enlaces de cuatro tramos como el "molino" y la estrella" (Cap. 26.3), son las **asas** (Fig. 7), las cuales también salen y entran por la derecha. Las **asas interiores** dejan a su izquierda el cruce de las vías de paso, y sólo cruzan dos corrientes de tráfico; las **asas exteriores** dejan a su derecha el cruce (disposición "indonesia"), y cruzan bastante oblicuamente cuatro corrientes de tráfico. Un asa tiene dos inflexiones, o sea, dos curvas en S seguidas, cuya curva común es grande ($R > 150$ m) en las asas exteriores, y pequeña ($R < 120$ m) en las interiores.

En otros enlaces, como los denominados "turbina" (Cap. 26.3), se emplean unos ramales denominados **círculos** (Fig. 7), que rodean (con un desarrollo bastante largo) el punto de cruce de las vías de paso. Tanto la salida como la entrada se realizan por la derecha; un círculo tiene dos inflexiones, y puede cruzar hasta cuatro corrientes de tráfico.

También se pueden emplear unas vías de giro o ramales **semidirectos** (Fig. 8), en los que la salida se realiza por el lado contrario a la entrada, hay una sola inflexión (curva en S), y se cruza una sola corriente de tráfico. lo cual requiere un

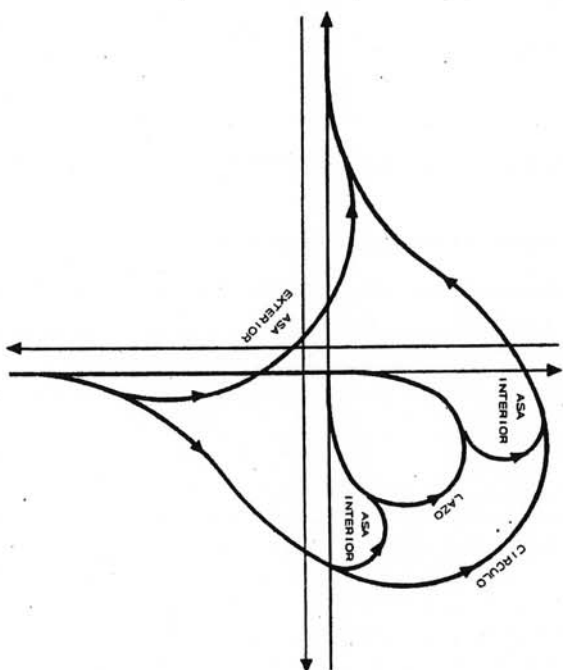


FIG. 7 RAMALES PARA GIRO A LA IZQUIERDA CON ENTRADA Y SALIDA POR LA DERECHA

ensanche de la mediana (Cap. 25.5) para evitar que el cruce o la obra de paso resulten muy oblicuos.

Por último, se pueden emplear también unas vías de giro o ramales **directos** (Fig. 8), los cuales no tienen inflexiones, cruzan dos corrientes de tráfico, y en los que tanto la salida como la entrada se hacen por la izquierda. En los enlaces, los ramales directos se emplean para elevadas intensidades de giro, por lo que su salida se suele plantear como una bifurcación, y su entrada como una confluencia de vías (Cap. 25.5).

Ya se ha dicho que la solución dada a los giros a la izquierda caracteriza a un nudo. La elección del tipo de vía de giro o ramal depende de varios factores y, muy especialmente, de la intensidad del tráfico que gira, y de su proporción relativa con el que es cruzado y con el que pasa.

Con unos carriles de espera en la mediana, una solución a nivel con prioridad fija de paso funciona bien mientras se cumplen simultáneamente las condiciones siguientes:

- La **IHP** de giro es menor de 60 vehículos
- La suma entre ésta y la **IHP** del tráfico que se corta es menor de 500 vehículos

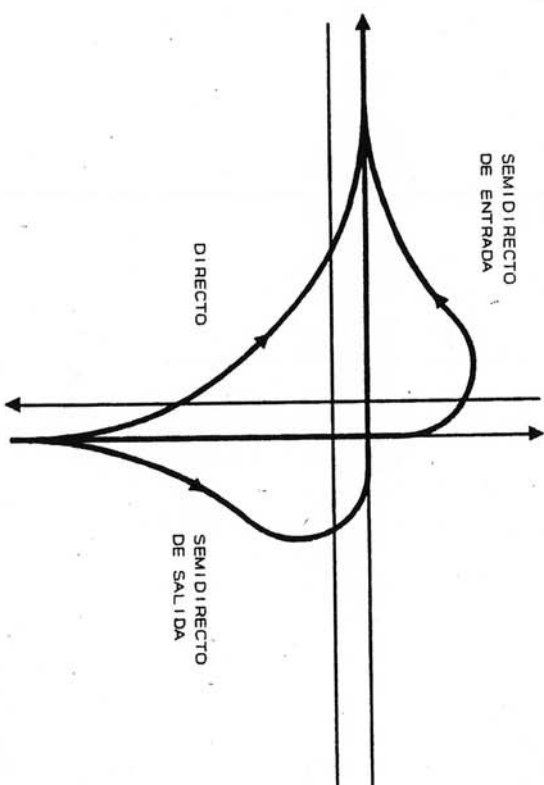


FIG. 8 VÍAS DE GIRO Y RAMALES PARA GIROS A LA IZQUIERDA CON AL MENOS UNA SALIDA O ENTRADA POR LA IZQUIERDA

Con unas intensidades superiores, hay que resolver de otra forma el cruce (semáforos, glorieta o enlace).

Entre los ramales de un enlace, por orden de capacidad creciente están el lazo (1 000 a 1 500 veh/h), el semidirecto, el círculo y las asas (1 000 a 2 000 veh/h), y el directo (unos 2 000 veh/h).

El trazado de los giros a la izquierda es, en todo, comparable a la de los giros a la derecha, y son válidas las consideraciones hechas para éstos en el apartado anterior acerca de su planta, alzado, sección transversal, carriles de cambio de velocidad, salidas y entradas.

5.4 Isletas

Generalidades

Para separar y encauzar adecuadamente la circulación en un nudo es necesario delimitar las zonas, o **isletas**, que no deben ser pisadas por los vehículos, y cuyo interior debe contrastar con la plataforma.

- ⊗ Las isletas se pueden delimitar:

- Si son pequeñas, mediante unas marcas pintadas en el pavimento.

Mediante unos bordillos montables, si la isleta es suficientemente grande ($> 6 \text{ m}^2$) para que los conductores puedan percibirlos con facilidad, incluso por la noche. Donde sean paralelos a la calzada, los bordillos deben estar retranqueados aproximadamente 0,50 m respecto del borde de ésta; sus esquinas deben estar redondeadas con un radio mínimo de 0,5 m; y las que aparecen en el sentido de la circulación ("narices") se deben retranquear de 1,00 a 1,50 m más.

Si son muy grandes, hay que tratarlas como una berma (Cap. 25.3).

Donde haya plantaciones, no deben perjudicar la visibilidad.

Se distinguen dos tipos de isletas: separadoras y encauzadoras.

Isletas separadoras

Se disponen en las carreteras de calzada única, separando los tráficos de sentidos opuestos: ello equivale a introducir una mediana en la zona del nudo.

Para crear una de estas isletas en la vía principal de un nudo, es necesario ensanchar su plataforma trazando unas curvas de gran radio, cuidando de que quede perfectamente clara la trayectoria que deben seguir los vehículos. Para ello, donde la planta sea recta, hay que mantenerla así hasta rebasar la "nariz" de la isleta, describiendo luego una amplia curva en S (Fig. 9). Donde la planta sea curva, es fácil plantear otra concéntrica, variando la bisectriz (Fig. 10).

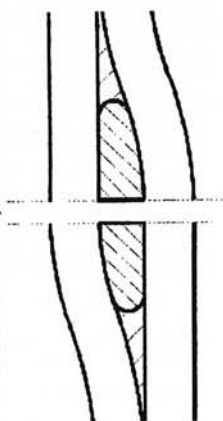


FIG. 9 INSERCIÓN DE UNA ISLETA SEPARADORA EN UNA ALINEACIÓN RECTA

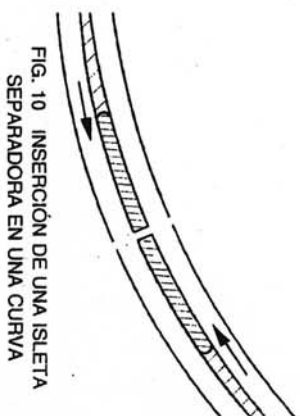


FIG. 10 INSERCIÓN DE UNA ISLETA SEPARADORA EN UNA CURVA

La distancia entre los bordes de las calzadas debe ser suficiente para alojar, en su caso, un carril de deceleración o espera, el elemento separador (que suele ser un bordillo), y los resguardos correspondientes (Fig. 11).

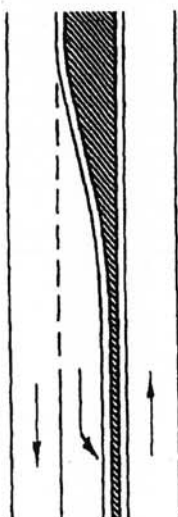


FIG. 11 CARRIL DE DECELERACIÓN Y ESPERA EN UNA ISLETA SEPARADORA

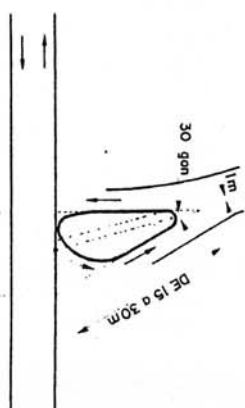


FIG. 12 LÁGRIMA

Otro tipo de isleta separadora frecuentemente empleado es el denominado *lagrimea* por su forma, el cual separa los dos giros a la izquierda que hay en la vía secundaria de una intersección. El trazado de la lagrimea se facilita si se la inscribe en un triángulo como el de la Fig. 12.

Donde haya un paso para los peatones en una calzada muy ancha, se puede acondicionar la isleta divisoria como un refugio, para que el cruce se pueda hacer en dos etapas.

Isletas encauzadoras

Separan unas trayectorias del mismo sentido de circulación, señalando claramente al conductor la que debe seguir, y evitan que aparezca una gran área pavimentada en la que pueda sentirse desorientado. Su número no debe ser excesivo, pues también esto resulta desconcertante.

Estas isletas tienen unas formas diversas, siendo frecuentes las triangulares de lados rectos o ligeramente curvilíneos (Fig. 13). Hay que evitar que aparezcan de repente junto a la trayectoria del vehículo: por ello, su esquina delantera ("nariz") debe estar retranqueada.

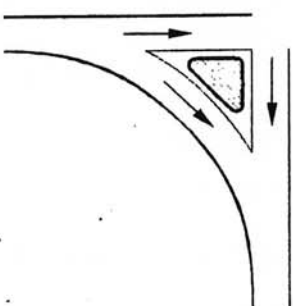


FIG. 13 ISLETA ENCAUZADORA DE UN GIRO A LA DERECHA

5.5 Tratamientos de la mediana

La presencia de una mediana, bien por tratarse de una carretera con calzadas separadas, bien por haber dispuesto una isleta separadora en una carretera de calzada única, facilita las salidas o entradas por la izquierda asociadas a ciertos

movimientos de giro, y permite establecer en aquélla unos carriles de cambio de velocidad o de espera.

Se puede recurrir a (Fig. 14):

Ensachar la mediana, para reducir la oblicuidad de los cruces y, en los enlaces, de las obras de paso a ellos asociadas (cruce de ramales semidirectos con la otra vía).

Transponer las calzadas (pasando la calzada derecha a situarse a la izquierda) mediante dos estructuras muy oblicuas, para facilitar la implantación de las entradas y salidas asociadas a los ramales directos empleados para girar a la izquierda, con predominio del movimiento de giro sobre el de paso (Cap. 26.3).

Superponer las calzadas donde el espacio esté muy limitado, mediante una sola estructura larga, como una evolución de la transposición.

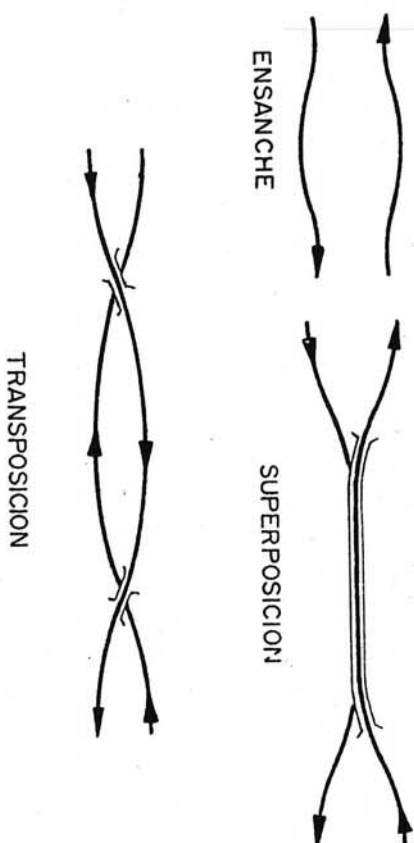


FIG. 14 TRATAMIENTOS DE LA MEDIANA EN ENLACES

5.6 Carriles de cambio de velocidad

Estos carriles se han definido en el Cap. 24.2, y su aplicación en el Cap.

25.5.

Configuración

Hay que distinguir dos configuraciones (Fig. 15) en los carriles de deceleración, cuyo funcionamiento difiere sensiblemente:

La llamada **paralela**, en la que se adosa un carril adicional a la calzada, precedido de una transición de anchura variable. Los conductores no necesitan realizar tres cambios de dirección para seguir por el ramal o la vía de giro.

La llamada **directa**, que sale de la calzada principal con un ángulo muy pequeño¹. Donde el carril de deceleración es muy corto (menos de 175 m) de deceleración, la mayoría de los conductores no realizarán tantos cambios de dirección como en el caso anterior, sino que entrarán directamente en la vía de giro o ramal.

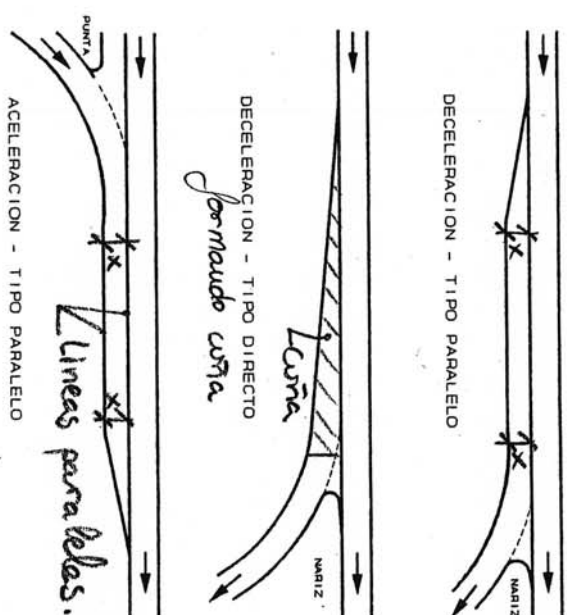


FIG. 15 CONFIGURACIÓN DE CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD

Los carriles de aceleración son siempre del tipo paralelo.

¹ Si su cotangente es inferior a 20, el quiebro resulta muy brusco; si es superior a 35, la salida no resulta perceptible.

Para que los vehículos que entren equivocadamente en un carril de deceleración puedan corregir su trayectoria, hay que extender el pavimento hasta el punto de separación de los bordes exteriores de los arcones; la **nariz** debe estar a nivel y despejada de obstáculos.

Análogamente, la **punta** de un carril de aceleración debe permitir una buena visibilidad para la maniobra de convergencia; hay que dotarla de un bordillo montable, que evite una entrada prematura en la vía principal. Al final de un carril de aceleración, el vehículo que no haya podido entrar en la calzada principal debe poder continuar un cierto trecho por un arcén de suficiente anchura.

Dimensiones

Mientras no se separen de la calzada principal, los carriles del tipo paralelo deben tener la misma anchura que los restantes carriles de la calzada. En carriles del tipo directo, la anchura en cada sección viene determinada por el trazado del ramal. La anchura del arcén derecho, en ambos casos, será igual a la del arcén de la calzada principal.

La longitud de un carril de cambio de velocidad se define entre dos **secciones características**:

- La de 1,50 m, donde la anchura del carril alcanza esa dimensión, al principio de un carril de deceleración o al final de uno de aceleración.

- La de 1,00 m, donde la separación entre los bordes interiores, de la calzada del carril y de la calzada principal, alcanza esa dimensión, en la nariz de un carril de deceleración o en la punta de uno de aceleración.

La longitud de un carril de cambio de velocidad se define de manera que dicha velocidad varíe entre dos valores correspondientes a sus secciones características:

- En la más próxima a la calzada principal, el menor de los dos valores siguientes:

- * La velocidad de proyecto¹.

- * La velocidad máxima impuesta por una señalización específica a la altura de la sección característica de 1,5 m.

En la más distante de la calzada principal, la velocidad específica del elemento del carril de cambio de velocidad que contenga a la sección característica de 1,00 m.

La Norma 3.1-1C "Trazado" (1997) considera que:

- El movimiento de deceleración es uniforme, en una rasante inclinada, movilizándolo un rozamiento longitudinal igual a 0,20.

- La longitud mínima de un carril de deceleración es de 100 m.

- El movimiento de aceleración corresponde a un modelo matemático de un vehículo patrón de 100 CV/t, con una velocidad máxima de 176 km/h, en una rasante inclinada.

- La longitud mínima de un carril de aceleración es de 200 m.

Las longitudes obtenidas por estos modelos se exponen en las Figs. 16 y 17. Los carriles de aceleración resultan bastante más largos que los de deceleración.

5.7 Cuñas de cambio de velocidad

Independientemente de la presencia o no de carriles adicionales, se pueden disponer unas cuñas de cambio de velocidad (Fig. 18) en las entradas y salidas de las carreteras convencionales cuya velocidad de proyecto sea de 60 km/h y no dispongan de carriles de cambio de velocidad.

Las cuñas de salida de una carretera principal tendrán una longitud de 60 m, medida entre su inicio y la sección en la que la anchura de la cuña alcanza 3,50 m; las de entrada, 30 m. Su arcén derecho será igual al de la calzada principal.

La distancia entre una cuña de entrada y la siguiente de salida, medida entre sus extremos, no será superior a 250 m.

5.8 Salidas y entradas

El número de carriles de una salida o entrada es, normalmente, de uno;

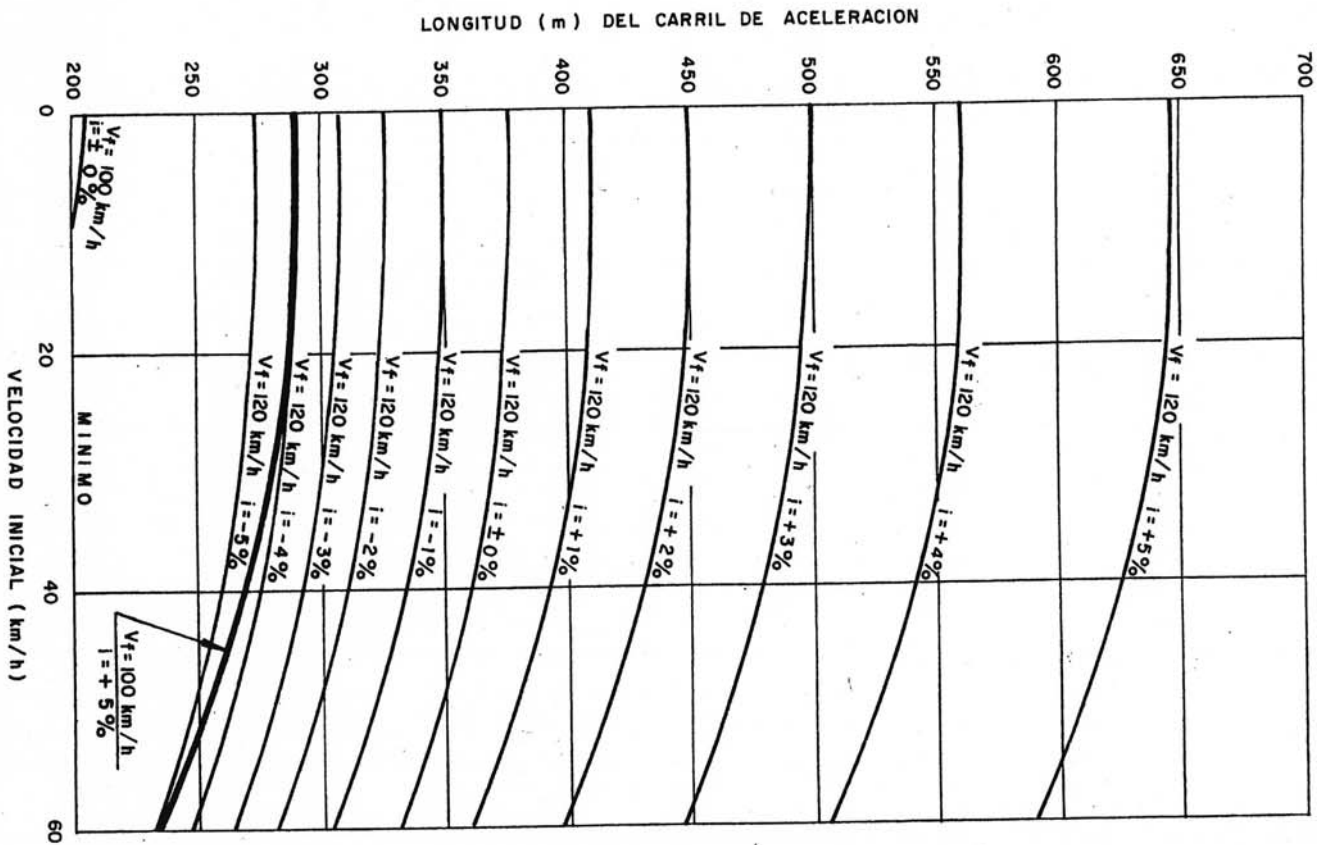
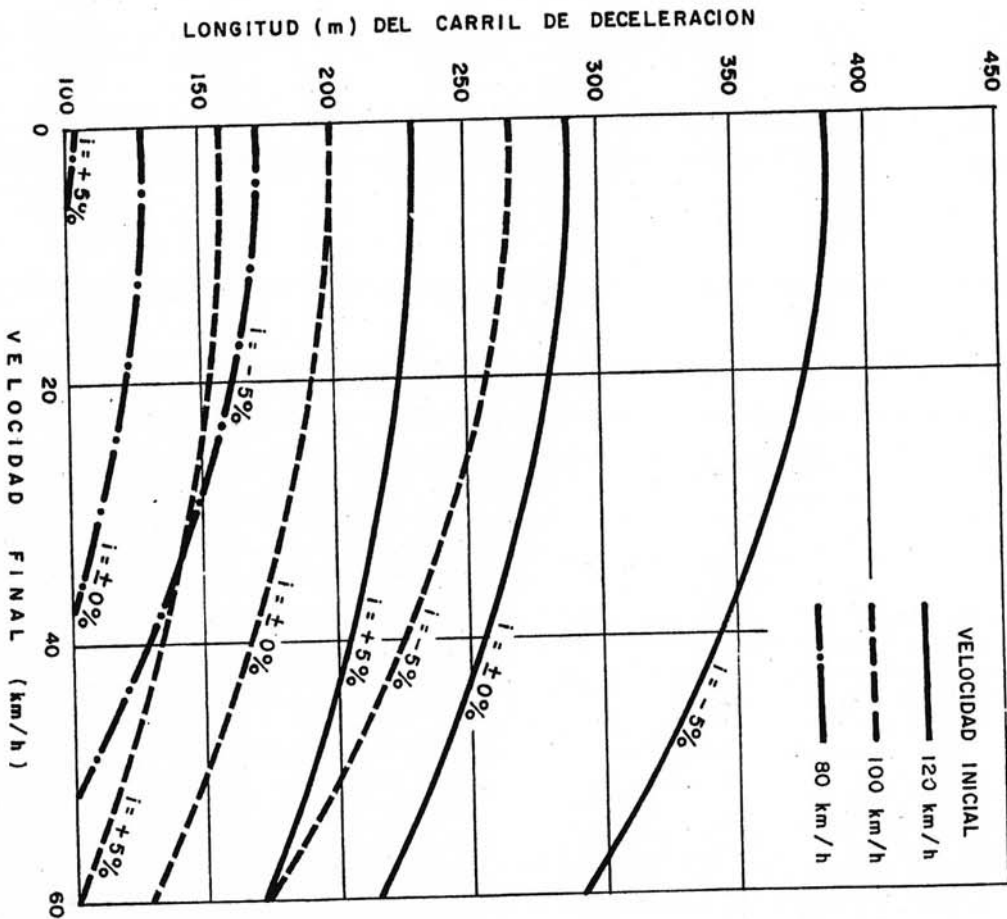


FIG. 17 LONGITUDES DE LOS CARRILES DE ACCELERACIÓN

en ellas dos carriles, añadiendo además un carril auxiliar para facilitar el trenzado, antes de la salida o después de la entrada, de 400 a 500 m de longitud.

Siempre es preferible, por ser lo habitual para el conductor, que las entradas y salidas se realicen por la derecha de la calzada principal. En todo caso, conviene que estén situadas en tramos rectos o de gran radio.

La Norma 3.1-IC "Trazado" (1997) prohíbe que se dispongan entradas y salidas por la izquierda en las carreteras interurbanas con calzadas separadas y que requieran un carril de cambio de velocidad: únicamente se permiten:

- En las calzadas laterales de un sistema de calzadas centrales y laterales, para insertar el carril de conexión con las centrales.
- Si la salida se trata como una bifurcación, y la entrada como una confluencia (Cap. 25.5).

En todo caso, se debe cuidar mucho la señalización.

En las zonas urbanas, donde la mayoría de los conductores hace casi todos los días el mismo recorrido, se pueden utilizar salidas por la izquierda: quienes las usan se acostumburan rápidamente. Por el contrario, no se deben utilizar entradas por la izquierda: cuando el tráfico sea intenso, los vehículos procedentes del ramal no encontrarán huecos suficientes en el carril rápido de la vía principal.

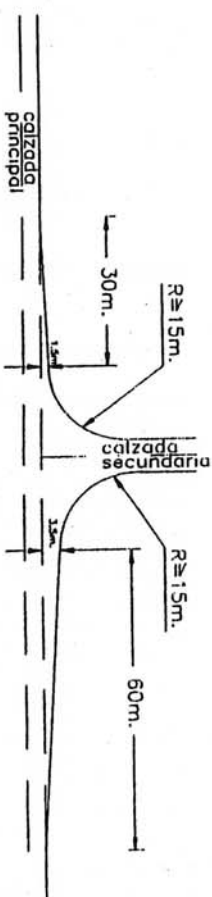


FIG. 18 CUÑAS DE CAMBIO DE VELOCIDAD

Las entradas y salidas sucesivas se pueden influir entre sí, perturbando su funcionamiento y el de la calzada principal. La Norma 3.1-IC "Trazado" (1997) establece, a este respecto, unos criterios muy restrictivos, debidos más a un deseo de reducir al mínimo los accesos a la carretera, que a consideraciones funcionales o de nivel de servicio. Donde no se puedan respetar las distancias mínimas que se

reseñan a continuación, uno de los accesos debe corresponder a una vía colectora / distribuidora (Cap. 25.5), para la que las condiciones de acceso son menos restrictivas:

- a) Desde una entrada hasta la salida siguiente: 1 000 m, entre las secciones características de 1,50 m de sus carriles de aceleración y deceleración. Si la distancia fuera inferior a 1 200 m, los carriles de cambio de velocidad se unirán en un carril adicional (Fig. 19). Para las áreas de servicio o descanso y, excepcionalmente, en las autopistas y en las carreteras convencionales cuya velocidad de proyecto no sea inferior a 80 km/h, donde no haya otra alternativa, se podrán admitir conexiones específicas de dichos elementos de una carretera si la distancia a la entrada anterior y la salida posterior, medida entre las respectivas secciones características de 1,50 m, no resulte inferior a 1 200 m (Fig. 20). Esta última distancia se podrá reducir:

- * A 500 m, si la **IMD** prevista en el año horizonte de proyecto es inferior a 5 000 vehículos.
- * A 250 m, si la velocidad de proyecto no fuera superior a 60 km/h.

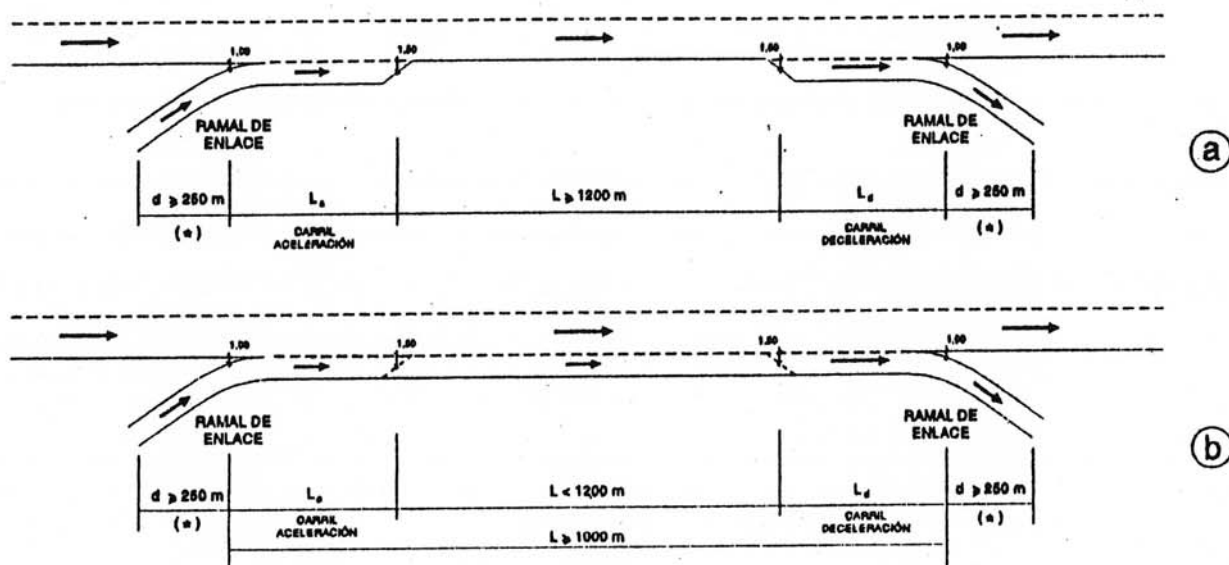
- b) Desde una salida hasta la siguiente: 1 000 m, entre la sección característica de 1,00 m (nariz) de la primera, y la sección característica de 1,50 m del carril de deceleración de la segunda (Fig. 21). La primera de las salidas puede corresponder a un área de servicio o descanso o, excepcionalmente, en las autopistas y en las carreteras convencionales cuya velocidad de proyecto no sea inferior a 80 km/h, donde no haya otra alternativa, a una vía de servicio (Fig. 22) que termine en el enlace al que corresponde la segunda. La distancia de 1 000 m se podrá reducir:

- * A 500 m, si la **IMD** prevista en el año horizonte de proyecto es inferior a 5 000 vehículos.
- * A 250 m, si la velocidad de proyecto no fuera superior a 60 km/h.

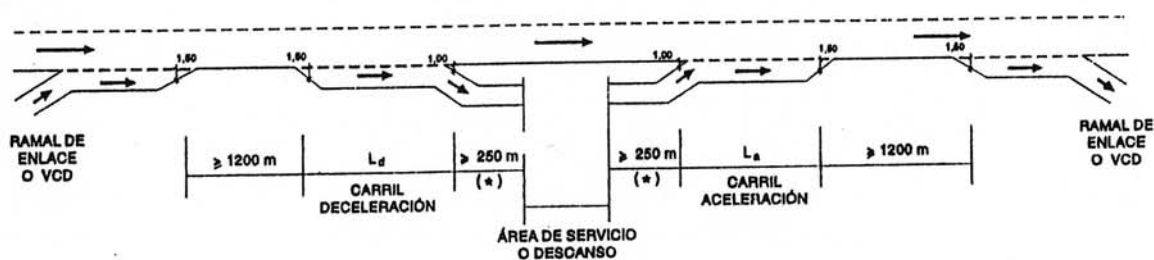
c)

Desde una entrada hasta la siguiente: 1 000 m, entre la sección característica de 1,50 m del carril de aceleración de la primera, y la sección característica de 1,00 m (punta) de la segunda (Fig. 23). La segunda de las entradas puede corresponder a un área de servicio o descanso o, excepcionalmente, en las autopistas y en las carreteras convencionales cuya velocidad de proyecto no sea inferior a 80 km/h, donde no haya otra alternativa, a una vía de servicio (Fig. 22) procedente del

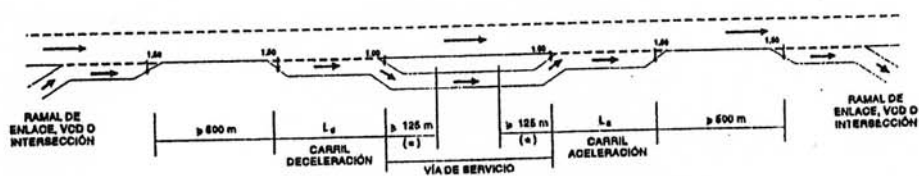
FIG. 19 UNA ENTRADA SEGUIDA DE UNA SALIDA



AUTOPISTAS, AUTOVIAS Y VIAS RAPIDAS



CARRETERAS DE CLASE C-100 y C-8 CON IMD < 5000



CARRETERAS DE CLASE C-60 Y C-40

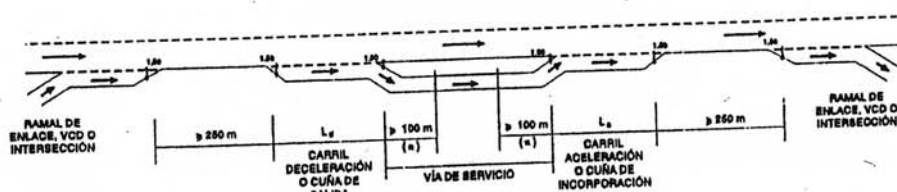
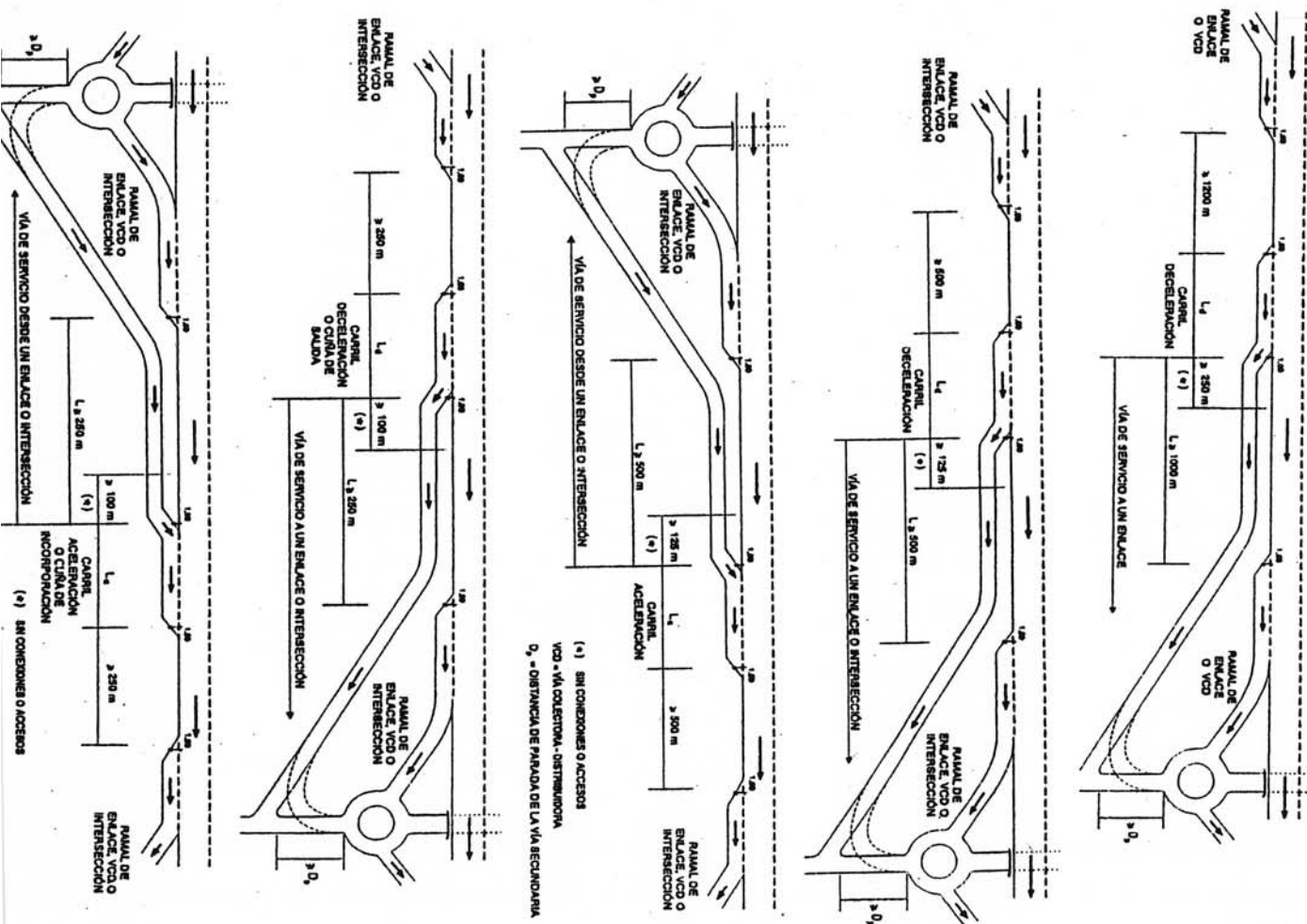
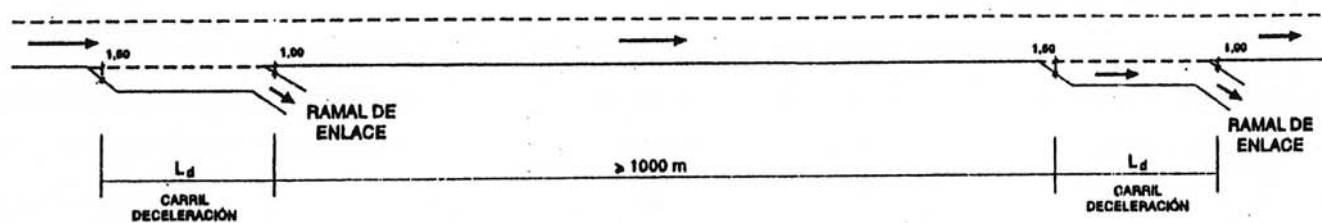


FIG. 20 CONEXIÓN ESPECÍFICA DE UNA VÍA DE SERVICIO



mismo enlace al que corresponde la primera. La distancia de 1 000 m se podrá reducir:

- * A 500 m, si la **IMD** prevista en el año horizonte de proyecto es inferior a 5 000 vehículos.
- * A 250 m, si la velocidad de proyecto no fuera superior a 60 km/h.

d) Desde una salida hasta la siguiente entrada (configuración preferible): 250 m¹, desde la sección característica de 1,00 m (nariz) correspondiente a la primera, hasta la sección característica de 1,00 m (punta) correspondiente a la segunda (Fig. 24). Tanto la entrada como la salida, o ambas, pueden corresponder a un área de servicio o descanso o, excepcionalmente, en las autovías y en las carreteras convencionales cuya velocidad de proyecto no sea inferior a 80 km/h, donde no haya otra alternativa, a una vía de servicio. La distancia se podrá reducir a:

- * A 125 m, si la **IMD** prevista en el año horizonte de proyecto es inferior a 5 000 vehículos.
 - * A 100 m, si la velocidad de proyecto no fuera superior a 60 km/h.
- e)** En una vía de servicio o en una vía colectora / distribuidora, no será inferior a 250 m (Fig. 25):

- * La distancia entre la sección característica de 1,00 m (nariz) del carril de deceleración para salir de la calzada principal, y la primera conexión o acceso a aquella.
- * La distancia entre la última conexión o acceso a aquella, y la sección característica de 1,00 m (punta) del carril de aceleración para entrar en la calzada principal.

En las carreteras convencionales, esta distancia se podrá reducir a:

- * A 125 m, si la **IMD** prevista en el año horizonte de proyecto es inferior a 5 000 vehículos.
- * A 100 m, si la velocidad de proyecto no fuera superior a 60 km/h.

¹ Si tanto la entrada como la salida de unos ramales pertenecieran al mismo enlace, esta distancia se podrá reducir a 125 m.

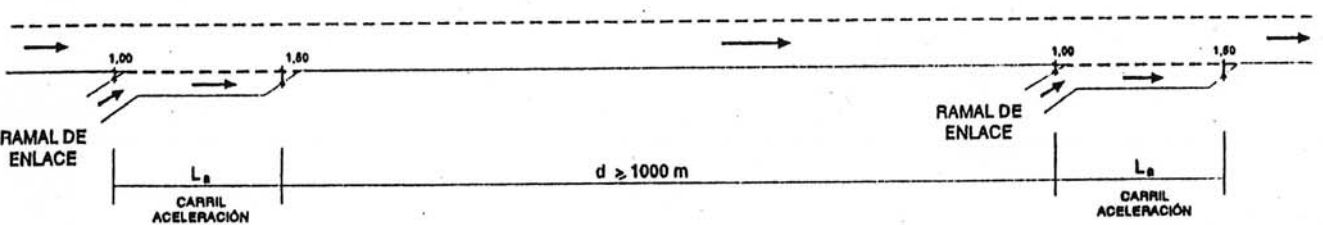
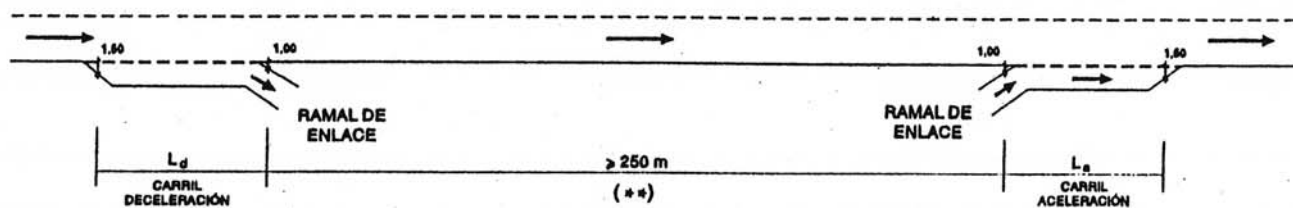


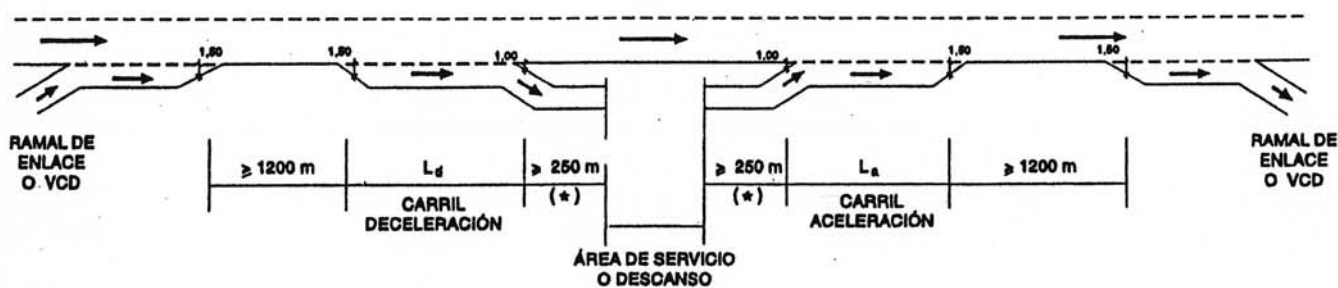
FIG. 23 DOS ENTRADAS SEGUIDAS

FIG. 24 UNA SALIDA SEGUIDA DE UNA ENTRADA



(**) Si los dos ramales son del mismo enlace la distancia podrá reducirse hasta 125 m

FIG. 25 EXTREMOS DE LAS VÍAS DE SERVICIO



5.9 Bifurcaciones y confluencias

Donde la intensidad del tráfico que gira sea comparable a la del tráfico de paso, la salida se transforma en una **bifurcación** y la entrada en una **confluencia** (Fig. 26).

Las velocidades de los vehículos que concurren en una bifurcación o confluencia deben ser prácticamente iguales: los cambios de velocidad se deben efectuar fuera de esa zona. Asimismo, el ángulo entre bordes de calzada es aún más reducido que en una salida o entrada (cotangente del orden de 50 para una bifurcación, y de 65 a 100 para una confluencia).

Alguna de las calzadas bifurcadas o confluyentes puede tener un solo carril, como en los enlaces en trompa (Cap. 26.2).

5.10 Vías colectoras / distribuidoras

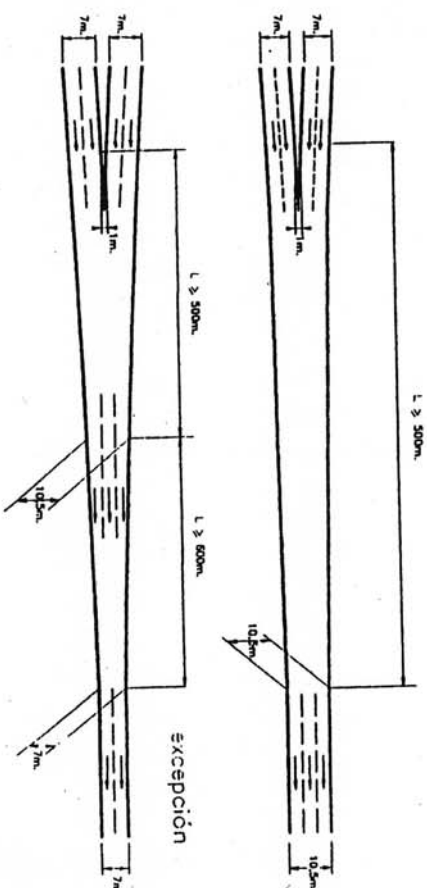
Donde haya unas conexiones sucesivas a una calzada principal, y estén próximas entre sí, se producen unas perturbaciones mutuas que, si la distancia es reducida y la circulación intensa, pueden deteriorar el nivel de servicio.

conectora
Una buena solución (aunque costosa) es disponer una **vía colectora / distribuidora**, aproximadamente paralela a la calzada principal, conectada a ella por otras salidas y entradas más separadas, y en la que debe haber una distancia mínima de 250 entre la nariz del carril de deceleración, o entre la punta del carril de aceleración, y el ramal, nudo, glorieta, confluencia o bifurcación más próximo. Así, las eventuales perturbaciones se producen en la vía colectora / distribuidora, cuyo estándar puede ser más reducido, mientras que defiende de ellas a la calzada principal.

La Norma 3.1-IC "Trazado", en su versión provisional (1997), fija un conjunto de distancias mínimas relativas a las vías colectoras / distribuidoras (Fig. 27). Además, prohíbe que se conecten a ellas las vías de servicio, lo cual parece muy restrictivo.

En las zonas urbanas, para conectar con las numerosas calles que cruzan una vía arterial, habría que disponer unos nudos muy próximos, que funcionarían mal. En este caso se pueden emplear dos vías colectoras / distribuidoras (normalmente de sentido único) paralelas a la vía principal, con las que conectan las calles transversales. Si la vía principal es una autopista o autovía urbana o peri-urbana, estas vías se pueden convertir en unas **calzadas laterales**, que se conectan con las centrales de vez en cuando mediante unos **ramales de conexión**, que salen de las laterales por la izquierda.

CONFLUENCIAS



BIFURCACIONES

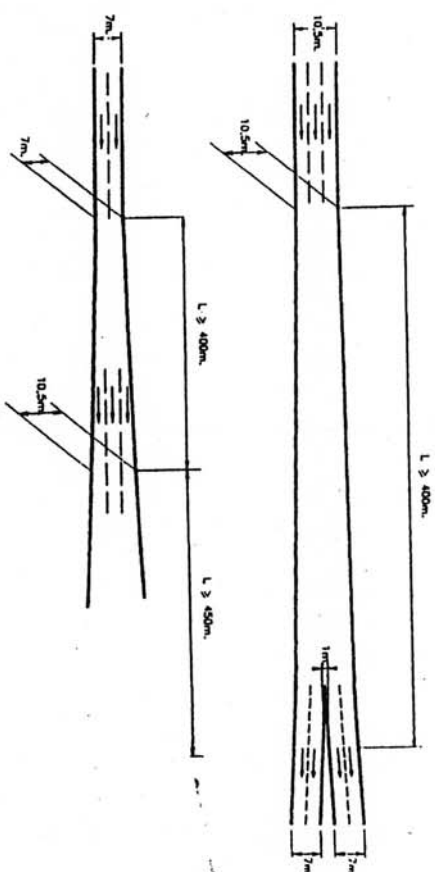
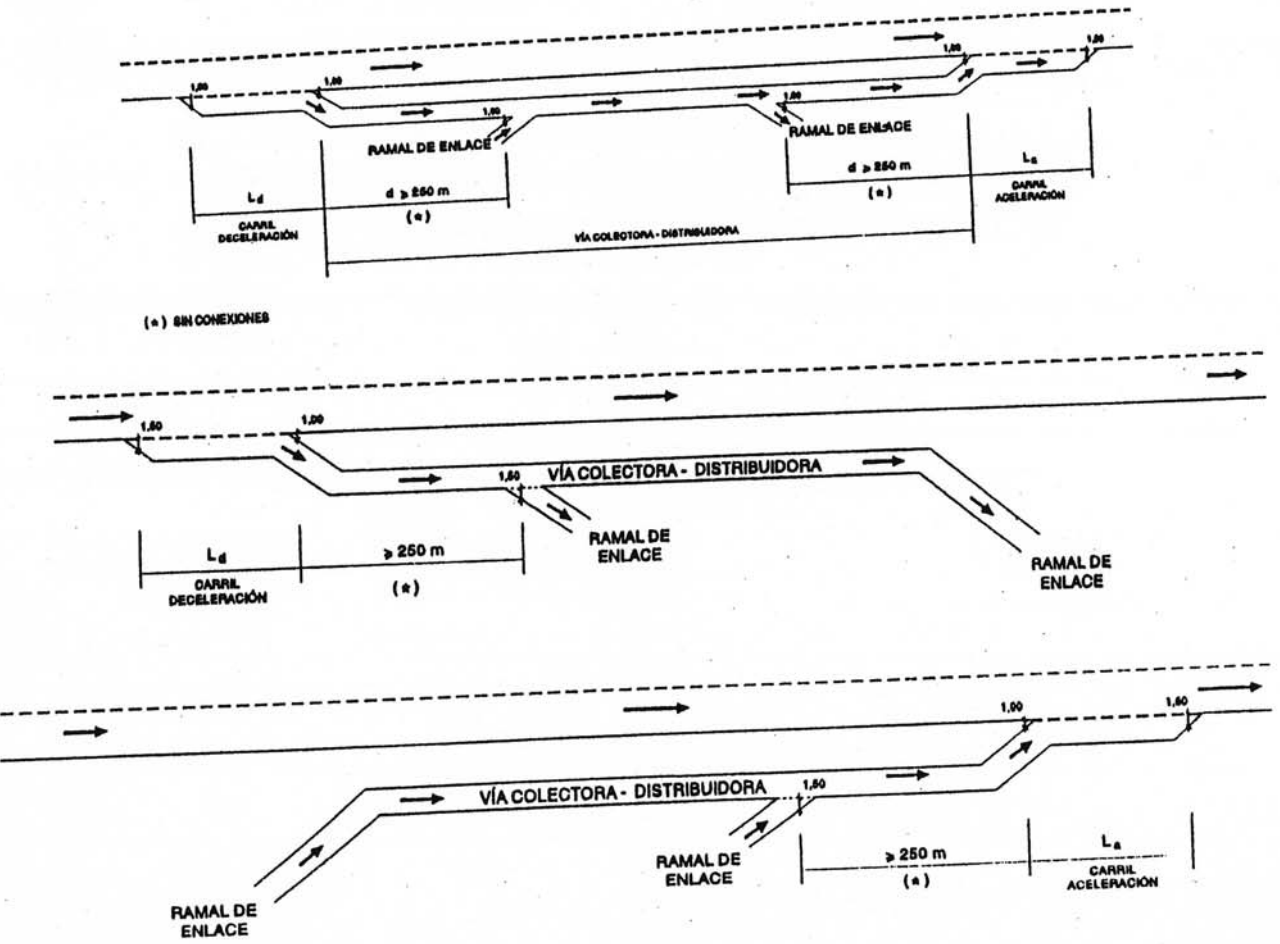


FIG. 26 BIFURCACIONES Y CONFLUENCIA



NUDOS: INTERSECCIONES, GLORIETAS Y ENLACES. MORFOLOGÍA

26

1. INTRODUCCIÓN

Combinando los elementos descritos en el Cap. 25, teniendo en cuenta las intensidades de la circulación de los distintos movimientos y las demás circunstancias, el proyectista debe diseñar el nudo.

En cuanto a la intensidad de la circulación, la Tabla 1 contiene unos valores aproximados de la capacidad de los distintos tipos de intersecciones y glorietas:

TABLA 1

CAPACIDAD APROXIMADA DE DISTINTOS TIPOS DE NUDO

TIPO DE NUDO	CAPACIDAD APROXIMADA (vehículos ligeros por día)
Intersección no ordenada (prioridad a la derecha)	1 000 - 1 500
Intersección con prioridad fija de paso	5 000 - 12 000
Glorieta con entradas de un solo carril	20 000 - 28 000
Glorieta con entradas de más de un carril	35 000 - ? ¹
Intersección regulada por semáforos	20 000 - 80 000 ²

¹ Varía según los países.

De las demás circunstancias, las que más influyen en la solución son los siguientes:

El número de tramos que acceden al nudo (3, 4 ó más), su disposición, y su importancia relativa.

Sobre todo en las zonas urbanas y peri-urbanas, las variaciones de la intensidad de la circulación a lo largo del tiempo, que pueden dar lugar a situaciones distintas.

La ordenación de la circulación en los cruces: prioridad fija de paso, semáforo, glorieta o desnivel (enlace) y, en este último caso, el número de obras de paso.

El tratamiento dado a los giros a la izquierda (los giros a la derecha no suelen presentar dificultades).

La importancia relativa de los tráficos de giro y de paso.

La prohibición o la supresión de algunos giros, especialmente a la izquierda, simplifican el nudo. Sin embargo es conveniente que, para todo movimiento posible, lo sea también el movimiento inverso.

Como es natural, con unos planteamientos parecidos resultan unas soluciones similares, las cuales dan origen a unas formas tipificadas que se describen en los apartados siguientes.

La Norma 3.1-IC "Trazado" de la Instrucción española de carreteras, en su versión provisional (1997), sólo se ocupa de las de forma muy general, pues parece que habrá otra norma específica para ellos. Únicamente se anticipan algunas decisiones, relativas a:

Tipo de nudo: sólo se emplearán enlaces en las carreteras con calzadas separadas y en las vías rápidas: en las carreteras convencionales, se determinará el tipo basándose en un estudio específico. De todas maneras, hay que observar que la presencia de enlaces en una carretera convencional puede dar al conductor la impresión errónea de que está en otro tipo de carretera.

Conexiones en los ramales y vías de giro: sólo se permite conectar en ellos otros ramales y vías de giro, pero no vías colectoras / distribuidoras, ni mucho menos vías de servicio. Hay que observar que, aunque esto esté claramente orientado a mantener la circulación por el ramal o

vía de giro libre de las perturbaciones causadas por conexiones menores¹, también las causan las correspondientes a otros ramales o vías de giro, que están permitidas pues son inevitables en los nudos en los que se comparten entradas o salidas.

2. NUDOS DE TRES TRAMOS

2.1 Generalidades

Constituyen el caso más sencillo, y abarcan desde un simple acceso a una carretera convencional, hasta la bifurcación de una autopista.

Si uno de los tramos es más mucho más importante que los otros dos, en realidad se trata de una intersección en Y; en los demás casos, se trata de una intersección en T, en la que se permiten los siguientes movimientos:

Dos de paso, correspondientes a una carretera principal cuya continuidad se mantiene.

Dos giros a la derecha.

Dos giros a la izquierda, cuyo tratamiento define a los distintos tipos de nudo.

Los movimientos de paso se tienen que realizar con la mayor continuidad y facilidad posibles: en algunos casos, hay que adaptar la disposición de los tramos a la importancia relativa de sus tráficos y a la obtención de unos ángulos convenientes (Fig. 1).

Los giros a la derecha se resuelven normalmente de una forma directa y, según la intensidad de circulación para la que estén previstos, la velocidad a la que se realice el giro, y el espacio disponible, se pueden emplear una vía de giro sin canalizar o canalizada, o un ramal de un solo carril; y disponer unos carriles de cambio de velocidad, o no.

Los giros a la izquierda caracterizan al nudo, por la forma de resolver el cruce con los tráficos de paso. A continuación se examinan distintas soluciones típicas.

¹ Hay una gran apelencia por conectar en los nudos, por parte de los servicios afines a la explotación de la carretera: estaciones de servicio, centros comerciales, etc.

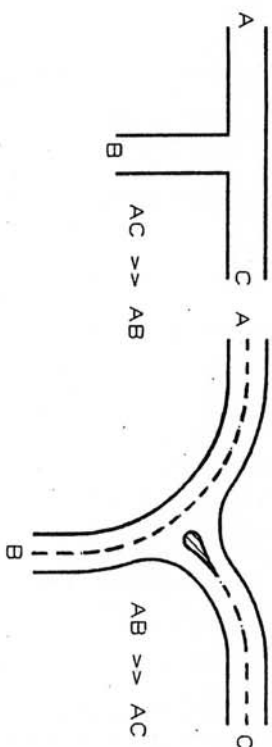


FIG. 1 ADAPTACIÓN DE LA IMPLANTACIÓN DE LOS TRAMOS A LA IMPORTANCIA DEL TRÁFICO

2.2 Intersecciones en T

Dos de los tramos constituyen una carretera principal, con la que se conecta una secundaria formada por el tercero.

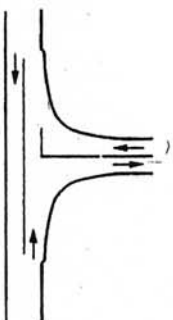


FIG. 2 T SIN CANALIZAR

El ángulo de implantación de la carretera secundaria en la principal no debe diferir de un ángulo recto en más de 30 gon, y todos los cruces se realizan a nivel, normalmente ordenados por una prioridad fija de paso, o por un semáforo.

El caso más sencillo es la **T sin canalizar**, en la que ambos giros a la izquierda se realizan de una forma directa (Fig. 2). Sólo es compatible con unas intensidades muy bajas, tanto en ellos como en la carretera principal: el vehículo que pretende girar a la izquierda desde ésta debe esperar (en el carril principal) a que haya un hueco en la corriente opuesta, antes de poder cruzarla.

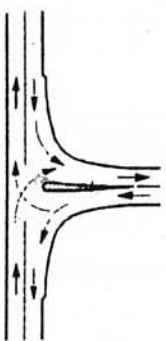


FIG. 3 T CANALIZADA POR UNA LÁGRIMA

Una mejora fácil consiste en separar los giros a la izquierda mediante una isleta separadora (del tipo lágrima) en la carretera secundaria (Fig. 3).

Si la intensidad de los vehículos que

giran a la izquierda desde la carretera principal es grande, su espera puede estorbar al tráfico de paso, y hay que disponerla fuera de aquélla. Una solución consiste en resolver este giro mediante una vía de giro semidirecta, también denominada **cayado** (Fig. 4). Como tiene que ceder el paso a los dos tráficos de paso principales, esta solución pierde su eficacia si dichos tráficos son intensos, al ser difícil que coincidan los huecos en ambas

corrientes; a no ser que se disponga un semáforo, lo cual puede resultar peligroso fuera de poblado.

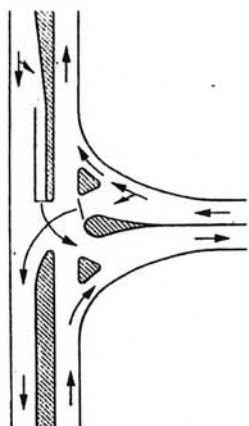


FIG. 5 CARRIL DE ESPERA EN LA VÍA PRINCIPAL

tráfico, en lugar de dos como en el cayado (Fig. 5).

Aprovechando la separación entre los sentidos de circulación en la carretera principal, se puede dotar de un carril de espera al giro a la izquierda desde la carretera secundaria, con entrada por la izquierda.

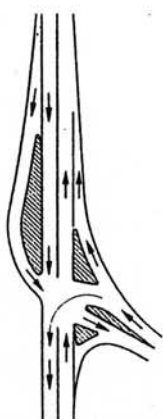


FIG. 4 "CAVADO" O "PAQUETA"

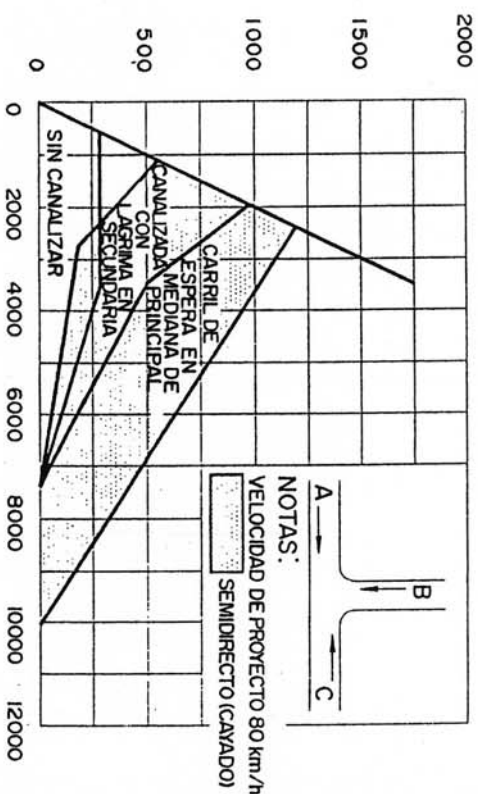


FIG. 6 ORDENACIONES DE LA CIRCULACIÓN EN UNA INTERSECCIÓN EN T

En la Fig. 6 se indican los campos aproximados de aplicación de cada una estas soluciones.

2.3 Intersecciones en Y

Se trata más bien de la bifurcación de una carretera convencional de calzada única (Fig. 7). El problema lo plantean, como siempre, los giros a la izquierda: sobre todo el que corresponde al ángulo de giro menor, pues es frecuente que el otro tenga poca intensidad.

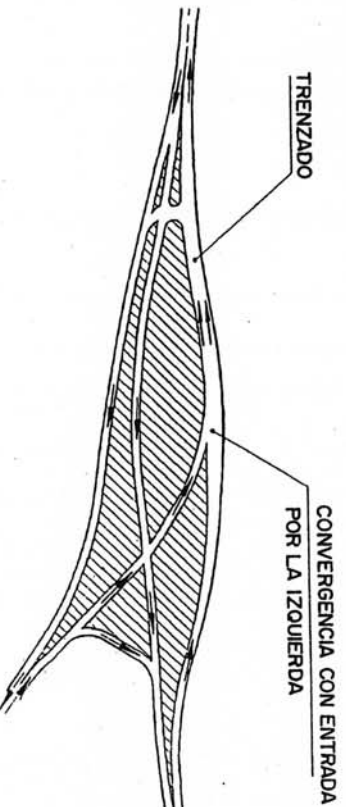


FIG. 7 INTERSECCIÓN EN Y

Si no se pueden remodelar los tramos de manera que se convierta en una intersección en T (mejor desde el punto de vista de la seguridad), hay que disponer unas isletas que proporcionen un cruce lo más perpendicular posible, entre el giro a la izquierda de ángulo principal y el tráfico de paso opuesto. Además, hay que cuidar la convergencia del primero con el tráfico principal, pues la entrada se hace por la izquierda y se complica con el trenzado para el otro giro a la izquierda.

2.4 Enlaces de tres tramos

Donde el tráfico de paso en la carretera principal sea muy intenso, el cruce de los giros a la izquierda ya no se puede resolver a nivel. Dado que las obras de paso son caras, se describen a continuación unos enlaces tipificados según el número de ellas necesarias: 1, 2 ó 3.

Enlaces con una sola obra de paso

Cada uno de los dos giros a la izquierda se puede resolver mediante un ramal semidirecto o un lazo: como éste tiene menor capacidad que aquél, se suele emplear sólo para el giro de menor intensidad.

Combinando un ramal semidirecto con un lazo, se obtiene un enlace denominado **trompa**¹, de utilización bastante frecuente. Hay dos tipos, según el giro al que se asigne el ramal semidirecto (normalmente, el de mayor intensidad): en el tipo **A**, el ramal semidirecto gira desde la principal a la secundaria, y el lazo se sitúa delante de la obra de paso; en el tipo **B** sucede lo contrario (Fig. 8).

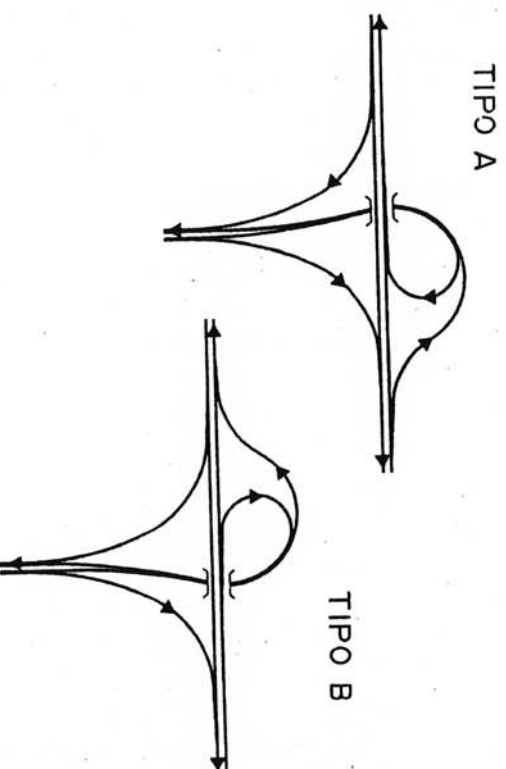


FIG. 8 ENLACES EN TROMPA

En una trompa, por la baja velocidad específica del lazo, su conexión con la carretera principal debe estar dotada de un carril de cambio de velocidad. El paso de la carretera secundaria al lazo o al ramal semidirecto (según el tipo de trompa) puede, asimismo, necesitar una fuerte disminución de velocidad, la cual resulta más fácil si se introducen antes curvas en S de radios decrecientes que, además, reducen la oblicuidad de la obra de paso. Esta última puede crear problemas de visibilidad en el lazo.

El empleo de dos lazos no es buena solución pues, a los problemas de capacidad de éstos, se añade el tramo de trenzado debido a la contigüidad de su entrada y salida en la carretera principal. Únicamente es admisible como la primera fase de un trébol completo (Cap. 26.3), donde se prevea la prolongación de la carretera secundaria (Fig. 9).

¹ Por su forma en planta. Es frecuente denominarlo **trompeta**, pero este instrumento tiene otra forma.

También se pueden emplear dos ramales semidirectos que se crucen a nivel, en general como la primera fase del desarrollo de un diamante (Cap. 26.3). El cruce a nivel de los ramales limita la capacidad de esta solución (Fig. 10).

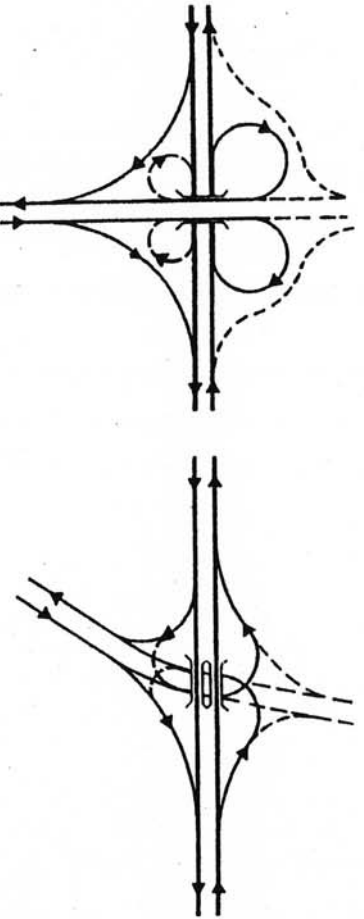


FIG. 9 PRIMERA FASE DE UN TREBOL COMPLETO

FIG. 10 PRIMERA FASE DE UN DIAMANTE

Enlaces con dos obras de paso

Donde las intensidades de los giros a la izquierda sean mayores que las que puede acomodar un lazo, se puede recurrir al empleo de unos ramales semidirectos, aunque necesitan dos obras de paso.

Donde los ramales semidirectos sean independientes, hay que separar bastante las obras de paso, lo que requiere mucho espacio (Fig. 11), o bien se pueden combinar en un tramo común de trenzado, cuya longitud necesita también separar las obras de paso (Fig. 12).

Enlaces con tres obras de paso

El enlace se puede hacer más compacto si los dos ramales semidirectos se cruzan prolongando una de las obras de paso (Fig. 13a), con lo que realmente se está introduciendo una tercera; o si se combinan las tres obras de paso en una sola en planta, pero con tres niveles (Fig. 13b).

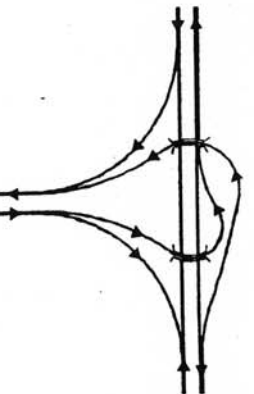


FIG. 11 RAMALES SEMIDIRECTOS AISLADOS

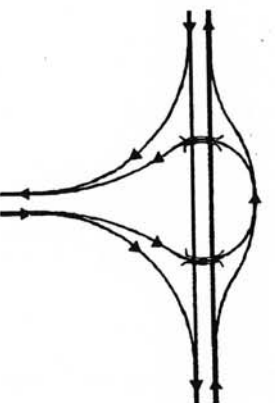
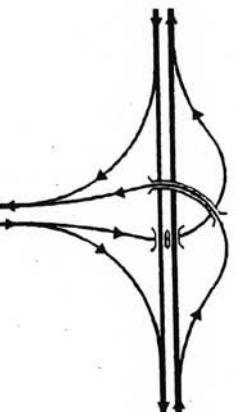
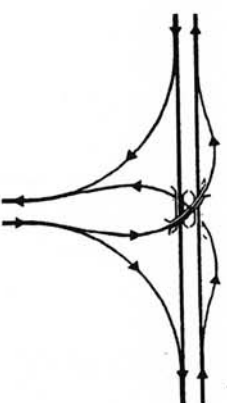


FIG. 12 RAMALES SEMIDIRECTOS COMBINADOS



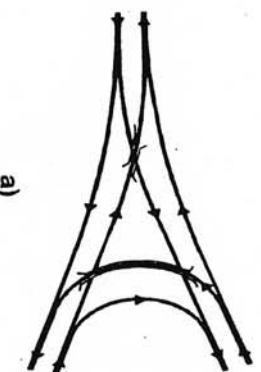
a)



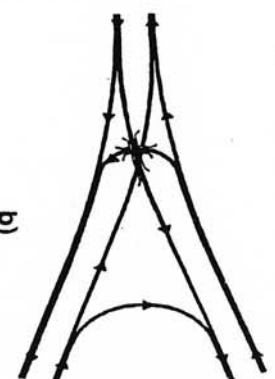
b)

FIG. 13 ENLACES CON RAMALES SEMIDIRECTOS Y TRES OBRAS DE PASO

Donde las intensidades de giro a la izquierda sean muy elevadas, hay que recurrir a enlaces **direccionales** (con ramales directos), que requieren tres obras de paso (Fig. 14a) separadas y bastante oblicuas, o una sola de tres niveles (Fig. 14b). Las entradas y salidas (por la izquierda) de los ramales directos se plantean como unas bifurcaciones y confluencias. Es una solución típica del entronque de autopistas o autovías.



a)



b)

FIG. 14 ENLACES DIRECCIONALES

3. NUDOS DE CUATRO TRAMOS

3.1 Generalidades

Constituyen el caso más frecuente del cruce de dos carreteras. Cada uno de los tramos de acceso puede dar origen a tres movimientos:

- Un movimiento de paso de los vehículos que siguen por la misma carretera.
- Un giro a la derecha, normalmente sin problemas.
- Un giro a la izquierda, cuyo tratamiento caracteriza al nudo.

La mayoría de los principios que se han expuesto para los nudos de tres tramos son también aplicables a los de cuatro: por ejemplo, la posibilidad de remodelar los tramos para mejorar su ángulo de cruce, y el tratamiento de los giros a la derecha.

Con frecuencia, una de las carreteras es menos importante que la otra, y se pueden adoptar en ella unas soluciones de menor rango. En otras ocasiones, no es imprescindible atender a todos los movimientos; algunos giros (principalmente a la izquierda) se suprimen, pues se pueden realizar mediante otros recorridos por la red viaria. Todo ello permite simplificar el nudo.

3.2 Intersecciones en cruz

El ángulo de las dos carreteras no difiere de un ángulo recto en más de 30 gon, y todos los cruces se realizan a nivel, normalmente con una prioridad fija de paso o con un semáforo.

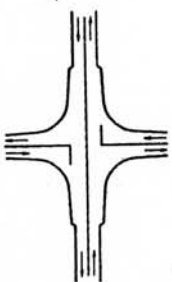


FIG. 15 CRUZ SIN CANALIZAR

En el caso más sencillo no hay canalización, y todos los giros a la izquierda se realizan de forma directa (Fig. 15). Sólo es compatible con intensidades muy bajas, tanto en los giros como en los movimientos de paso.

Una mejora fácil consiste en separar los giros a la izquierda mediante unas isletas divisorias (del tipo lágrima) en la carretera secundaria (Fig. 16).

Donde sea grande la intensidad de los vehículos que giran a la izquierda desde la carretera principal, su espera puede estorbar al tráfico de paso, y hay que

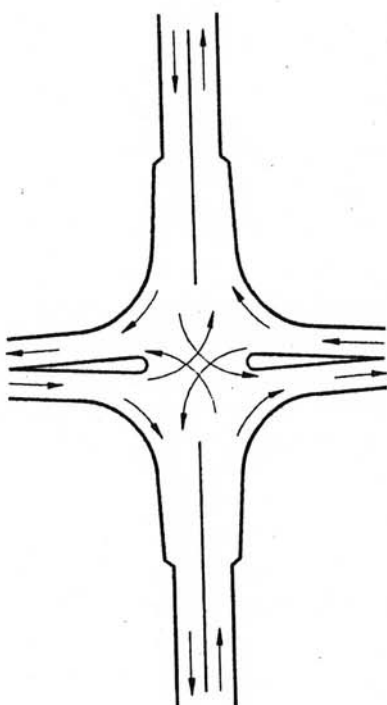


FIG. 16 CRUZ CANALIZADA POR LÁGRIMAS

disponerla fuera de aquélla. El equivalente al cayado de los nudos de tres tramos, que resuelve todos los giros a la izquierda de forma semirecta, es la **glorieta partida** (Fig. 17).

Como un vehículo que pretenda cruzar la carretera principal tiene que ceder el paso a los dos tráficos de paso por ella, la glorieta partida pierde eficacia cuando éstos son intensos, al ser difícil que coincidan los huecos en ambas corrientes de tráfico; a no ser que se dispongan unos semáforos, lo cual puede resultar peligroso fuera de poblado.

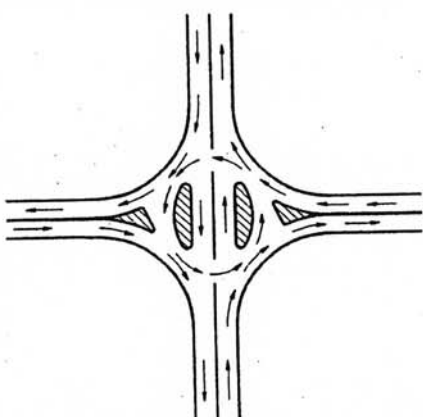


FIG. 17 GLORIETA PARTIDA

La espera para girar a la izquierda desde la carretera principal se puede disponer en un carril adicional, junto a la mediana o a una isleta separadora, dotado de un carril de deceleración. De esta forma, el giro sólo cruza una corriente principal de tráfico, en lugar de dos como en la glorieta partida (Fig. 18). Especialmente donde haya semáforos, conviene que los dos giros a la izquierda desde la carretera principal no se estorben entre sí: para ello se adopta la disposición denominada "indonesia", en la que no se cruzan.

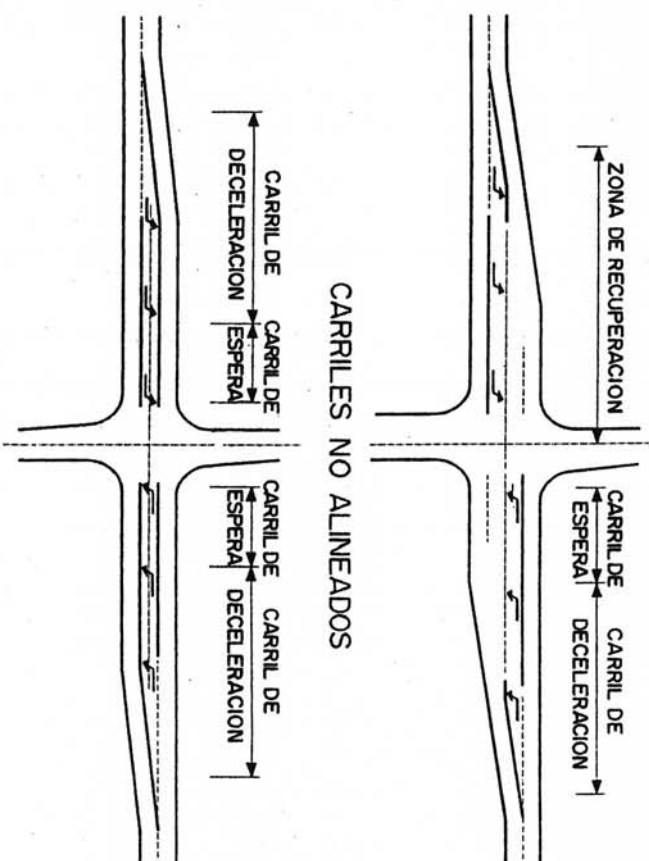


FIG. 18 CARRILES DE DECELERACIÓN Y ESPERA EN UNA INTERSECCIÓN EN CRUZ

CARRILES ALINEADOS

Este tratamiento se puede extender a los cuatro tramos, si la intensidad de los giros lo justifica (Fig. 19); pero esta configuración requiere, casi siempre, su sematización: para definir cuál de las dos parejas de giros a la izquierda tiene prioridad sobre la otra. Por lo tanto, es una solución más urbana.

Donde sea muy predominante uno de los giros a la izquierda de una intersección urbana, puede ser interesante segregarlo del cruce de las dos carreteras (Fig. 20).

3.3 Enlaces de cuatro tramos

Generalidades

Donde el tráfico de paso sea muy intenso, alguno de los cruces ya no se puede resolver a nivel, y es preciso disponer al menos una obra de paso que lo resuelva. Se suele tratar del cruce de los dos tráficos de paso.

Ya que las obras de paso son caras, se clasifican a continuación los enlaces según su número. Donde hay dos tableros gemelos y próximos para el pa-so

de una carretera con calzadas separadas sobre otra, se han contado como una sola obra de paso.

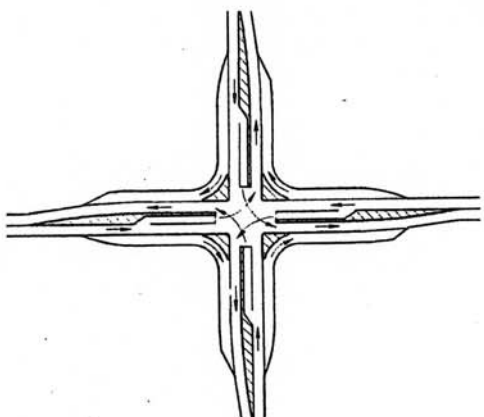


FIG. 19 CRUZ CON UN CARRIL DE ESPERA EN LOS CUATRO TRAMOS

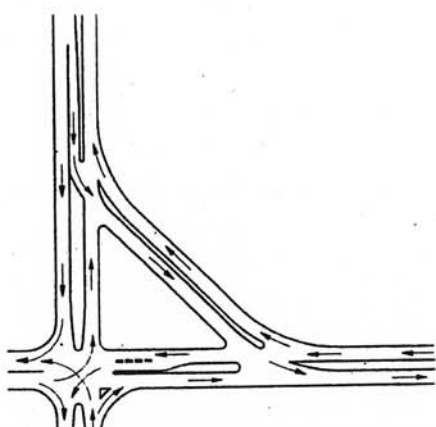


FIG. 20 GIRO A LA IZQUIERDA SEGREGADO DEL CRUCE

Enlaces con una sola obra de paso

Donde una de las carreteras es menos importante que la otra, se pueden admitir en ella algunos cruces a nivel para realizar ciertos giros. Se obtienen así dos configuraciones muy frecuentes, los **tréboles parciales** y los **diamantes**, según que alguno de los giros a la izquierda no implique cruzar otra corriente de tráfico, o que todos lo impliquen. Estos enlaces se utilizan frecuentemente en los enlaces de las autopistas o autovías con las carreteras convencionales. A partir de una **IMD** de 1 000 vehículos en la carretera secundaria, es conveniente disponer en ella unos carriles centrales de espera.

Donde todos los giros a la izquierda se realicen mediante lazos, sin cruzar ninguna corriente de tráfico, se tiene otra configuración frecuente: el **trébol completo**.

a) Tréboles parciales

Este tipo de enlace puede necesitar sólo dos cuadrantes, ya que todos los movimientos entre cada acceso por la carretera principal y los dos tramos de la secundaria se pueden alojar en un solo cuadrante. Esto lo hace especialmente a-

decuado donde las características o el uso del suelo impiden la utilización de alguno de los cuadrantes para disponer ramales en él.

El tipo más frecuente de trébol parcial (tipo A) favorece a la carretera principal:

Hay una única salida y una única entrada detrás de ella, ambas delante de la obra de paso.

El giro a la derecha desde la carretera secundaria se resuelve mediante un ramal semidirecto (Fig. 21).

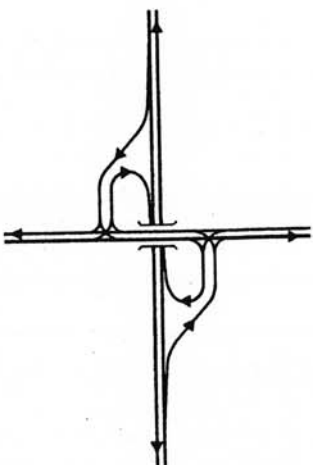


FIG. 21 TRÉBOL PARCIAL TIPO A

En la carretera secundaria, se forma una intersección canalizada en T, con una prioridad fija de paso, o con un semáforo.

Donde sea intensa la

circulación en la carretera secundaria, puede resultar conveniente resolver sus giros a la derecha mediante unos ramales directos, ocupando dos cuadrantes más.

En cada calzada de la carretera principal aparece una segunda entrada (detrás de la obra de paso), la cual se debe distanciar convenientemente de la primera o, mejor, combinar con ella en una vía colectora / distribuidora (Fig. 22).

Donde sea necesario favorecer a la carretera secundaria (por ejemplo, por una mayor intensidad de los giros a la derecha procedentes de ella), se emplea otro tipo de trébol parcial (tipo B), en el que el giro a la derecha desde la carretera principal se resuelve mediante un ramal semidirecto (Fig. 23).

La salida y la entrada en la carretera principal se sitúan en la secuencia más favorable: si la salida quedase detrás de la obra de paso, su nariz se puede adelantar para que no sea así. La intersección en T de la carretera secundaria re-sulta más clara que en el caso del trébol parcial del tipo A, al no haber ningún giro a la derecha con una configuración semidirecta: todos los giros a la derecha son directos.

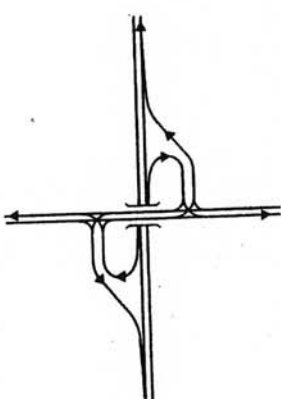


FIG. 22 TRÉBOL PARCIAL DE CUATRO CUADRANTES, CON DOS ENTRADAS

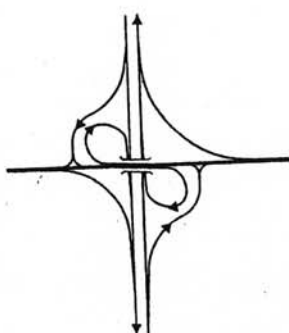


FIG. 23 TRÉBOL PARCIAL TIPO B

Análogamente a lo que ocurre en el tipo A, se pueden ocupar los otros dos cuadrantes con unos ramales directos para girar a la derecha desde la carretera principal; pero al hacerlo se añaden unas salidas (delante de la obra de paso, Fig. 24), que se deben distanciar convenientemente o, mejor, combinar en una vía colectora / distribuidora.

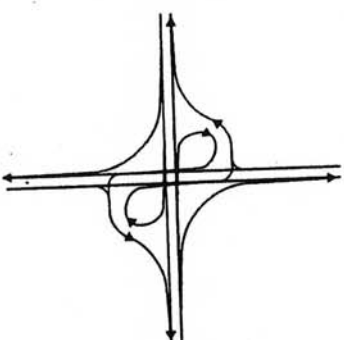


FIG. 24 TRÉBOL PARCIAL DE CUATRO CUADRANTES, CON DOS SALIDAS

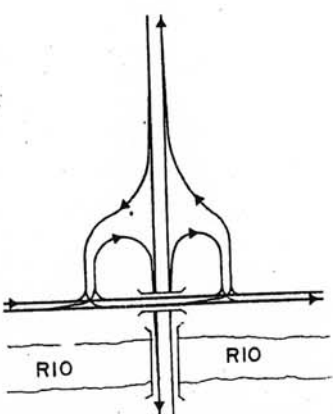


FIG. 25 TRÉBOL PARCIAL EN DOS CUADRANTES ADYACENTES

Los tipos A y B de trébol parcial de dos cuadrantes ocupan dos cuadrantes diagonalmente opuestos. Donde, por alguna razón (por ejemplo, la presencia de un obstáculo lineal tal como un río o una vía férrea) sólo se puedan ocupar dos cuadrantes adyacentes, se pueden combinar ambos tipos en otro (tipo C) que combina algunas de las ventajas e inconvenientes de los A y B. Se necesita una isleta separadora en la carretera secundaria incluso si el tráfico en ella es escaso (Fig. 25).

b) Diamantes

Este tipo de enlace es bastante frecuente, pues se puede aplicar.

Donde haya que conectar a otra principal una carretera secundaria con poco tráfico.

Fuera de poblado, con tráficos medios y velocidades altas.

En una zona urbana, con un tráfico intenso, velocidades menores y circulación discontinua (semáforos).

Además, la ocupación de terreno es reducida, aunque se extiende a los cuatro cuadrantes.

Todos los giros a la izquierda se resuelven mediante unos ramales semidirectos, que comparten tanto la mayor parte del propio ramal como la salida de la carretera principal (o la entrada en ella) con los ramales directos empleados para girar a la derecha (Fig. 26).

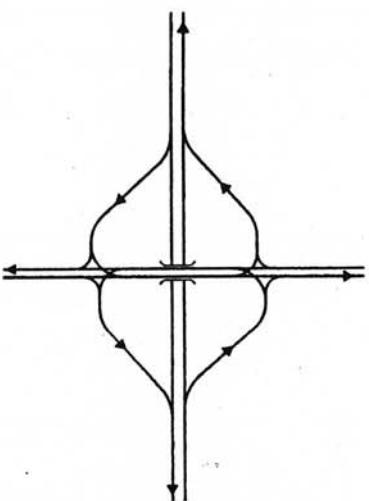
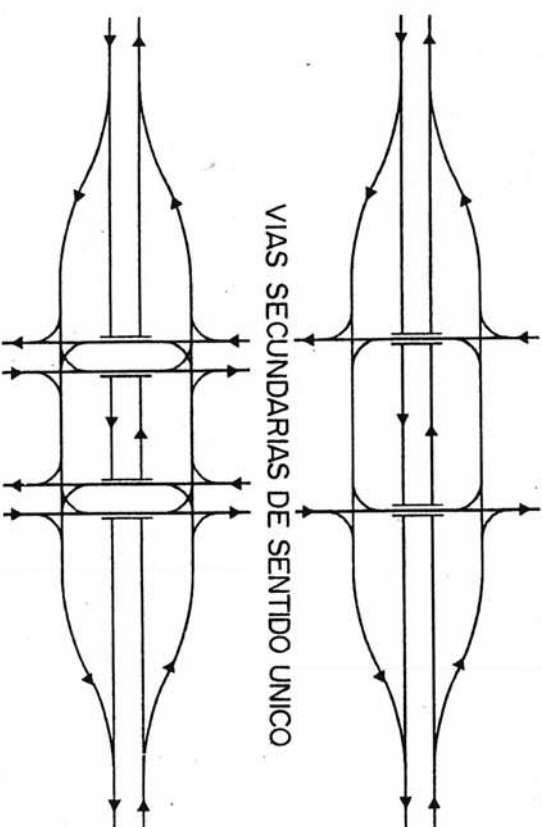


FIG. 26 DIAMANTE

Su funcionamiento favorece a la carretera principal, pues la salida está delante de la obra de paso, y la entrada detrás de ella; en la carretera secundaria se producen dos parejas de intersecciones en T enfrentadas, las cuales exigen una cuidadosa canalización, y una isleta separadora para alojar los carriles de espera (salvo para unas intensidades de circulación muy bajas).

A veces se recurre a un **diamante partido**, especialmente en las zonas urbanas con una red de calles de sentido único (Fig. 27).

Donde haya varios diamantes seguidos (como ocurre en algunas zonas urbanas), hay que disponer una vía colectora/ distribuidora para evitar las perturbaciones entre unas salidas y unas entradas muy próximas en la carretera principal.



VIAS SECUNDARIAS DE SENTIDO UNICO

FIG. 27 DIAMANTES PARTIDOS

c) Tréboles completos

Este tipo de enlace no es aconsejable en las zonas urbanas, pues los vehículos llegarían a ellos agrupados por la acción de los semáforos cercanos (circulación discontinua): esta agrupación dificulta los trenzados entre las parejas de lazoes adyacentes y, por lo tanto, su funcionamiento.

Fuera de poblado, puede representar una solución para el cruce de dos autopistas o autovías con un tráfico no muy intenso, donde ningún giro a la izquierda predomine sobre los demás ni sobre un tráfico de paso.

Todos los giros a la izquierda se resuelven mediante lazoes, y los giros a la derecha mediante unos ramales directos. A no ser que el radio de los lazoes se reduzca mucho, en detrimento de su capacidad, un trébol completo ocupa bastante superficie. A veces, los ramales directos se ciñen al lazo (Cap. 25.5, Fig. 28).

En cada calzada hay una entrada delante de la obra de paso, seguida de una salida detrás de ésta. Se origina así un tramo de trenzado que, si la suma de las intensidades de los tráficos que giran en los lazoes adyacentes rebasa unos 1 000 veh/h, suele funcionar mal. La utilización de unas vías colectoras / distribuidoras permite elevar dicho límite a unos 1 500 veh/h (Fig. 29).

Enlaces con más de una obra de paso

Donde no se puedan admitir cruces a nivel en ninguna de las dos carreteras, y la intensidad de algún giro a la izquierda rebase la capacidad de un lazo, no se puede resolver el enlace con una sola obra de paso. Se originan así otros tipos de enlace, siendo los más sencillos son los denominados **tréboles modificados**, en los que ese giro a la izquierda se resuelve mediante otros tipos de ramal de mayor capacidad que el lazo. Si eso sólo le ocurre a uno de los giros a la izquierda, es frecuente utilizar un círculo, con sólo tres obras de paso (Fig. 30).

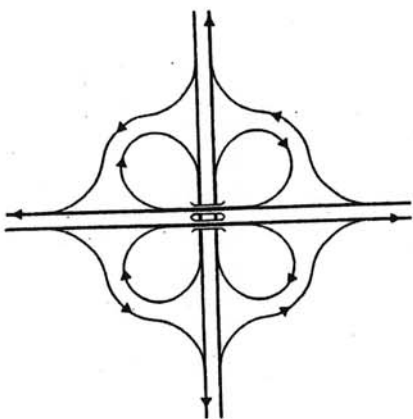


FIG. 28 TRÉBOL COMPLETO

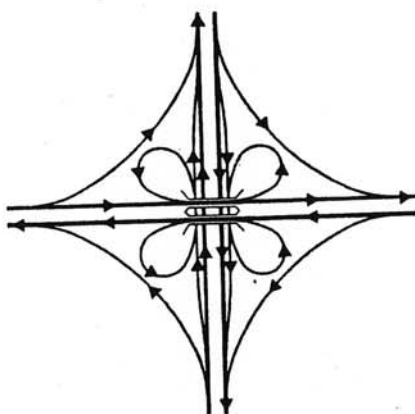


FIG. 29 TRÉBOL COMPLETO, CON DOS VÍAS COLECTORAS / DISTRIBUIDORAS

Donde haya dos o más giros a la izquierda importantes, aumenta el número de obras de paso necesarias. Si esos giros están en cuadrantes opuestos, se pueden emplear unas asas exteriores (**media estrella**), con una obra de paso de tres niveles y otras cuatro más pequeñas (Fig. 31); si están en cuadrantes adyacentes, se pueden emplear unos círculos (**media turbina**), con cinco obras de paso (Fig. 32).

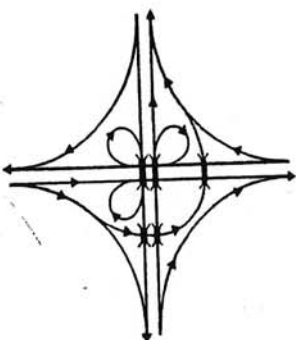


FIG. 30 TRÉBOL MODIFICADO POR UN CÍRCULO

En el caso de que todos los giros a la izquierda sean importantes, hay que distinguir si los tráfico de paso tienen mayor intensidad que ellos, o no. En el primer caso, se pueden emplear unas asas exteriores (Fig. 33) o unos círculos (Fig. 34).

Donde la intensidad del tráfico de giro sea comparable con la del tráfico de paso o, incluso, predomine sobre él, se pueden emplear unos ramales semidirectos (**esvástica**, Fig. 35) ensanchando las medianas, o unos ramales directos (Fig. 36), incluso transponiendo las calzadas (Fig. 37).

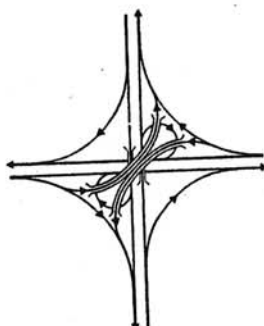


FIG. 31 MEDIA ESTRELLA COMPACTA

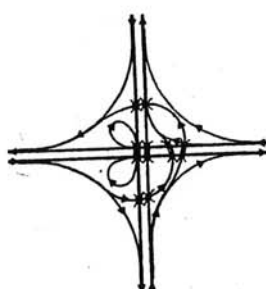


FIG. 32 TRÉBOL MODIFICADO POR DOS CÍRCULOS

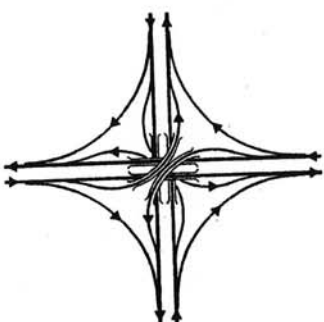


FIG. 33 ESTRELLA INDONESIA

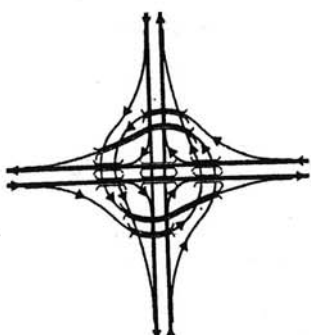


FIG. 34 TURBINA COMPLETA

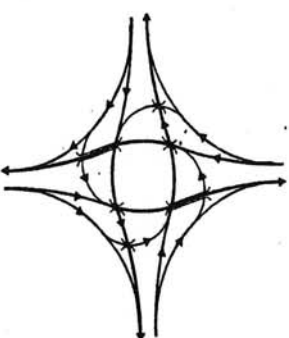


FIG. 35 ESVÁSTICA

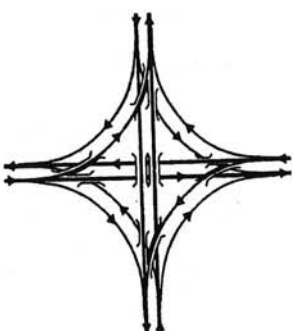


FIG. 36 OMNIDIRECCIONAL

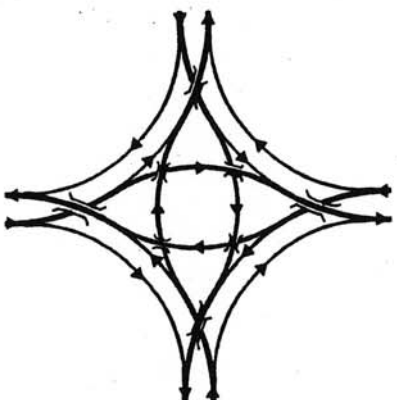


FIG. 37 ESTRELLA TRANSPUESTA

Una primera solución consiste en modificar el trazado de alguno de las carreteras, de forma que el nudo se transforme en un conjunto de dos nudos contrarios, cada uno de ellos con tres o cuatro tramos (Fig. 38).

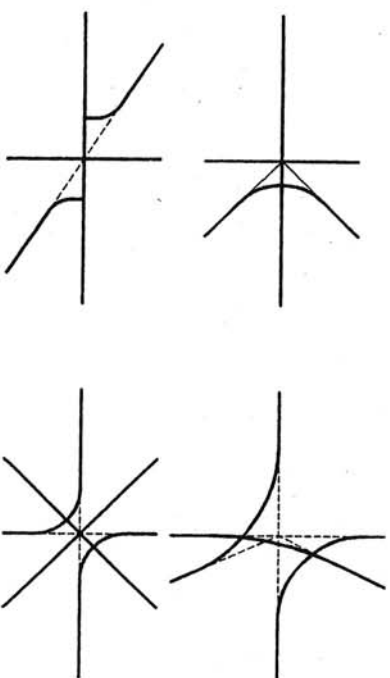


FIG. 38 REMODELACIÓN DE LOS NUDOS DE MÁS DE CUATRO TRAMOS

Donde una de las carreteras predomine sobre las demás (por ejemplo, si su IHP rebasa 2 000 veh/h), se puede emplear una glorieta a distinto nivel (Cap. 26.4).

4.2 Glorietas

Donde, como es frecuente en las zonas urbanas y peri urbanas, todos los tramos sean de una importancia parecida, y no importe que los vehículos disminuyan su velocidad y aun que se detengan al acceder al nudo, la solución más frecuente es la **glorieta** (Fig. 39). En ella hay una calzada anular, por la que se circula

4. NUDOS DE MAS DE CUATRO TRAMOS

4.1 Generalidades

En los nudos de más de cuatro tramos regulados por unas prioridades fijas de paso, incluso si algunos de los cruces se realizan a distinto nivel o se semaforizan, se multiplican excesivamente los puntos de conflicto; además, resultan confusos. Por ello se deben evitar.

en el sentido antihorario alrededor de una isleta central. Los vehículos que pretenden entrar en esta calzada anular deben ceder el paso a quienes ya circulan por ella, e insertarse en los huecos entre éstos; luego la abandonan al llegar a la salida que les interesa.

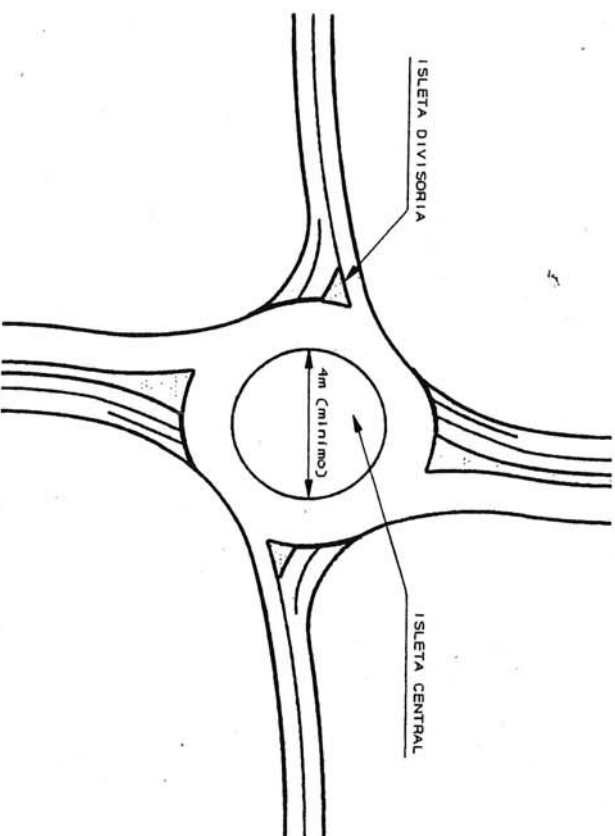


FIG. 39 GLORIETA

Las glorietas se pueden emplear también para los nudos de tres o cuatro tramos, sobre todo donde los giros a la izquierda sean importantes.

Con este tipo de nudo se pueden alcanzar unas capacidades incluso superiores a las de una intersección canalizada; pero al aumentar la intensidad de la circulación, se alarga el tiempo que se tarda en atravesar la glorieta y, para entrar en ella, se producen unas demoras que pueden llegar a ser muy importantes. Donde alguno de los accesos tiene mucha más intensidad que los demás, la entrada de éstos a la calzada anular se ve perjudicada: en estos casos la semaforización de los accesos puede evitar que la glorieta se bloquee.

También hay otras configuraciones, como la **glorieta desnivelada** (Fig. 40), en la que no se interrumpe la continuidad de una de las carreteras (la principal). Las más habituales son las que tienen **dos obras de paso** y las de tipo "pe-sas": estas últimas constituyen una solución intermedia entre las primeras y un enlace en diamante.

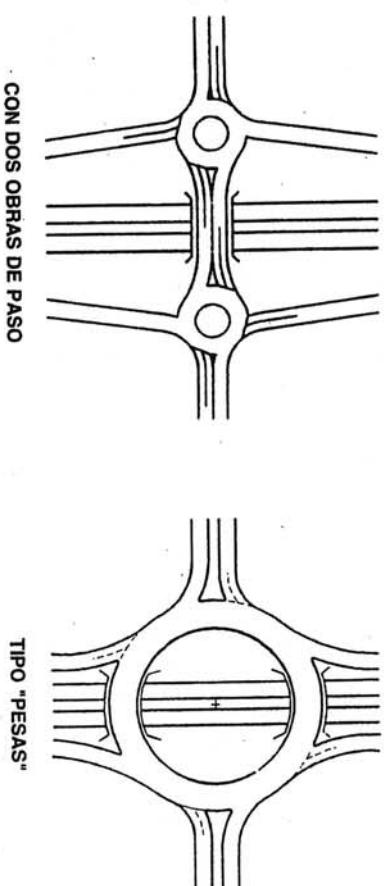


FIG. 40 GLORIETAS DESNIVELADAS

El ángulo de entrada a la calzada anular no debe ser ni demasiado grande (para evitar los fenómenos de cruce) ni demasiado pequeño (para evitar una inserción a demasiada velocidad). También conviene aumentar el número de carriles de cada entrada, para facilitar una inserción simultánea en la calzada anular. Por el contrario, el trazado de las salidas debe facilitar la maniobra de salida de la calzada anular.

La isleta central debe ser circular, de un diámetro no excesivo (en general, no superior a 35 m) pues, de lo contrario, se favorece en la calzada anular una velocidad elevada, que disminuye los huecos entre los vehículos y puede resultar peligrosa.

La anchura de la calzada anular debe ser algo superior a la que tendría si fuera recta, pues hay que tener en cuenta el sobreancho en curva.

5. INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

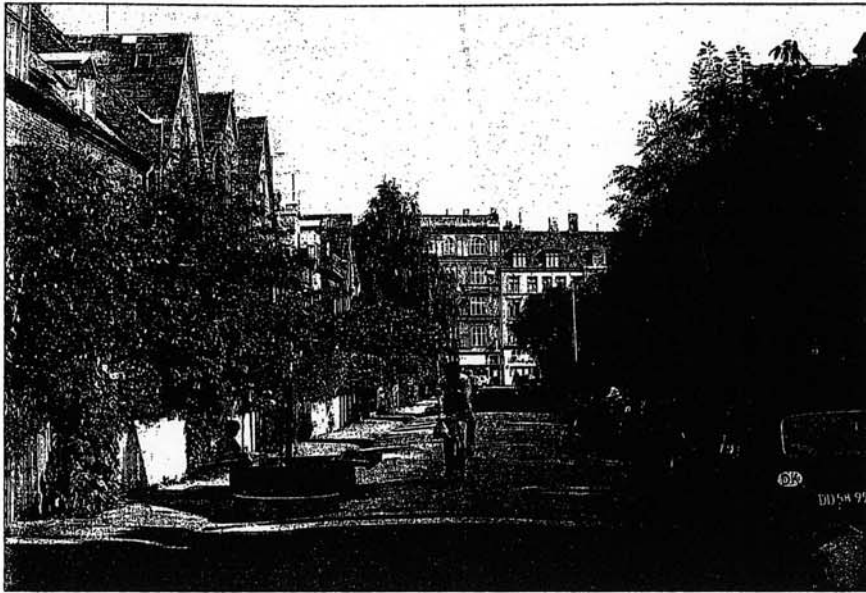
La mayoría de las consideraciones hechas sobre las intersecciones cuyos cruces están regulados por unas prioridades fijas de paso son aplicables también a las que utilizan unos semáforos. No conviene, sin embargo, dejar de utilizar las posibilidades que éstos ofrecen de separar temporalmente no sólo los cruces, sino también otros puntos de conflicto relacionados con los giros (sobre todo a la izquierda), sin más que disponer unas fases especiales para dichos movimientos, frecuentemente combinadas con unos carriles reservados para ellos. Las intersecciones con semáforos suelen ser más compactas que las reguladas por unas prioridades fijas de paso.

En su proyecto hay que considerar simultáneamente tanto el trazado de la intersección como la regulación de los semáforos, ya que el primero dependerá de la duración del ciclo, del número de fases, y de los movimientos que se pueden hacer en cada fase (Cap. 18).

Como en los demás tipos de intersección, hay que evitar las que tengan muchos tramos, pues obligarían a emplear numerosas fases, con la consiguiente pérdida de capacidad. Especialmente en las zonas urbanas, estas intersecciones dan lugar a unas soluciones muy complejas, que dependen mucho de las circunstancias locales, sin que puedan ser objeto de unas reglas generales. Además de la circulación de los vehículos, hay que tener en cuenta la de los peatones, así como las ordenaciones de la circulación en las calles (sentidos únicos, prohibiciones del giro, estacionamiento, etc.).

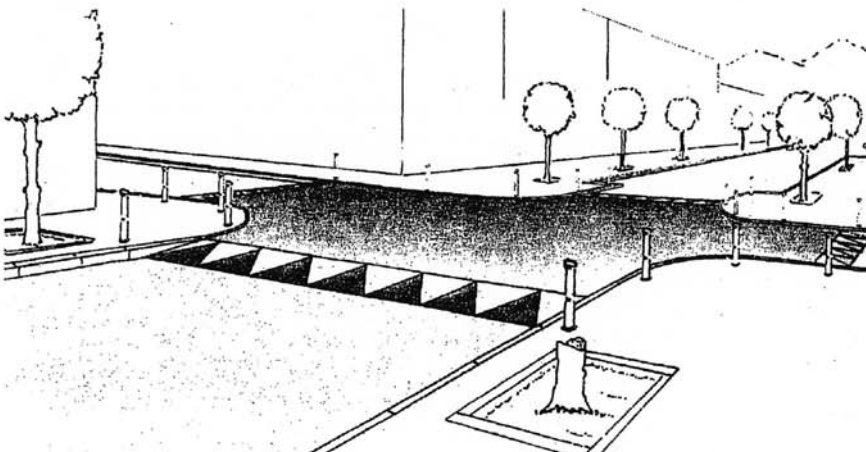
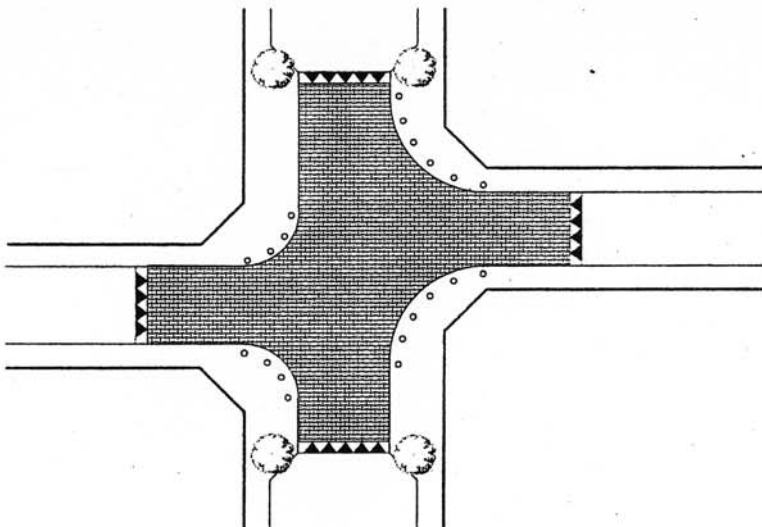
SACADO DE: CALMAR EL TRAFICO.
MINISTERIO DE FOMENTO.

ESTE ES MUY VALIDO
PARA ZONAS
PROPINQUAS DE CAS
URBAN



Meseta en área de coexistencia de Copenhague.

Meseta.



una franja de la calzada o solamente la parte central con el fin de facilitar el paso de los ciclistas y el de los autobuses cuyos ejes son de mayor longitud que el ancho del dispositivo.

mesetas o plataformas.

Se suelen diferenciar los lomos de los dispositivos tales como las "mesetas" o "plataformas" ("plateau") que, en realidad, se podrían considerar como lomos expandidos o prolongados, especialmente de los de tipo trapezoidal que disponen también de una parte llana en la coronación.

Facilitan el cruce peatonal pero son propensas al aparcamiento ilegal que ha de ser evitado con elementos de protección tales como marmolillos

6.5 INTERSECCIONES.

La moderación de la velocidad en las intersecciones se puede atacar desde cuatro grandes enfoques o desde la complementariedad de alguno de ellos:

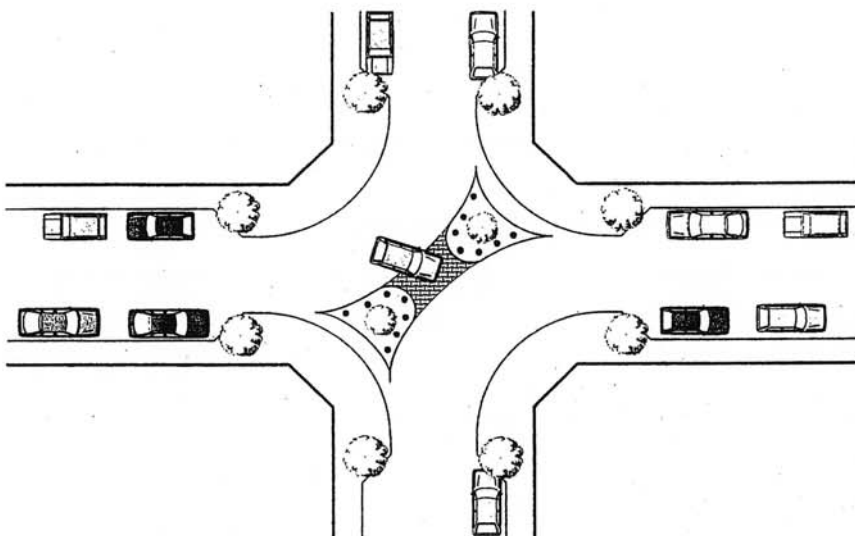
- el estrechamiento del espacio de circulación.
- el desvío de las trayectorias de los vehículos.
- la elevación del pavimento.
- el cambio de la textura y el color del pavimento.

Los dispositivos que traducen de modo práctico esos enfoques son en realidad la combinación de los descritos anteriormente a excepción de unos pocos que luego se mencionarán.

Los esquemas que siguen a continuación muestran posibilidades genéricas de disminución del espacio de circulación, de elevación y cambio de textura del pavimento, de modificación de las trayectorias, etc.

Glorietas.

La creación de glorietas y miniglorietas en las intersecciones ha sido una práctica habitual en el Reino Unido durante décadas. Sin embargo, en otros países europeos el uso de este tipo de medidas para mejorar la seguridad vial o



Estrechamiento diagonal.



c) Rectificación de intersección en Colonia (Alemania).

moderar el tráfico se ha generalizado más tardamente.

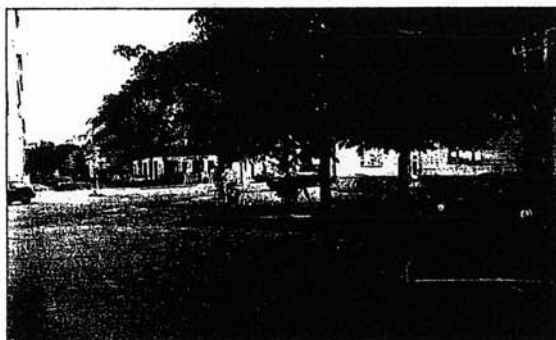
En Holanda se ha producido un crecimiento espectacular del número de glorietas a partir de 1986 con la introducción de un diseño nuevo.

En sólo seis años se construyeron 400 glorietas (Schoon y van Minnen, 1994).

En España, las glorietas se han empezado a extender sobre todo en la década de los noventa, aunque había precedentes en las carreteras baleares.

El punto de partida fue la publicación de recomendaciones para su diseño que dio paso a la construcción en la Comunidad de Madrid de varias decenas de estos dispositivos. De ese modo, las glorietas han empezado a formar parte de la cultura circulatoria.

Diferentes tratamientos de intersecciones.



a) Zig-zag en intersección de Østerbro (Copenhague).



d) Lengua en intersección de Delft (Holanda).

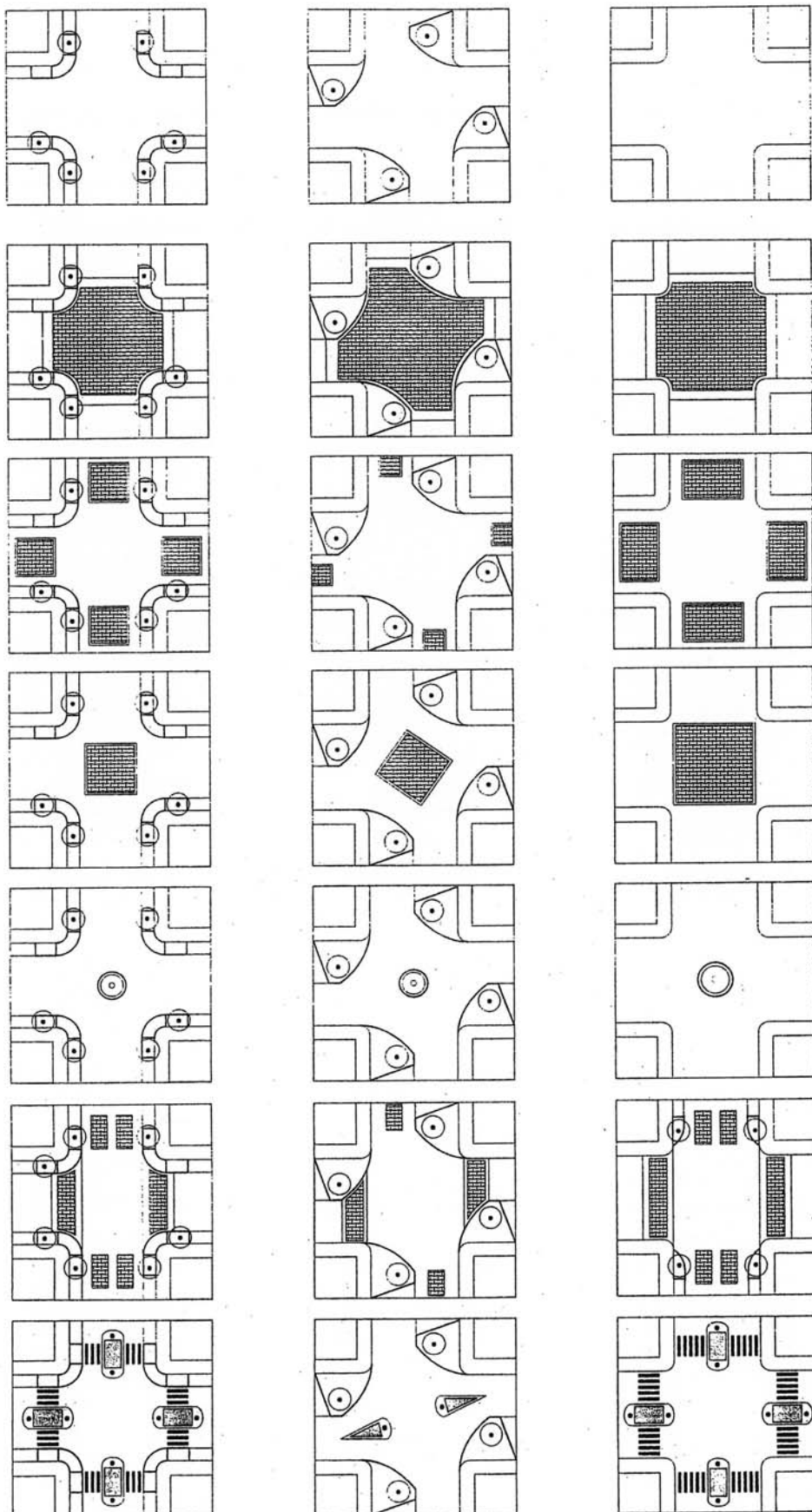


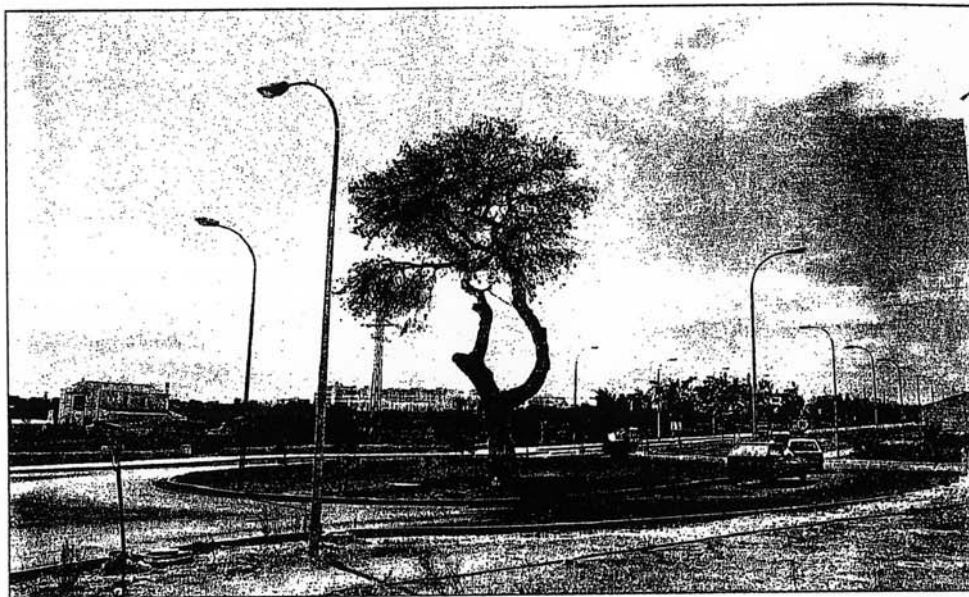
b) Pavimentación, lomo y orejas en intersección de Østerbro (Copenhague).



e) Meseta en intersección en Colonia (Alemania).

Catálogo de dispositivos
reductores de velocidad
en intersecciones.





Glorietas en Mahón (Menorca)

La creación de glorietas suele tener alguno o todos los siguientes objetivos:

- disminución de los accidentes.
- disminución de la velocidad.
- disminución de los costes de mantenimiento y vigilancia.
- agilización del tráfico.
- subrayado del cambio de territorio que atraviesa la vía.

Estudios llevados a cabo en Holanda sobre los resultados de la instalación

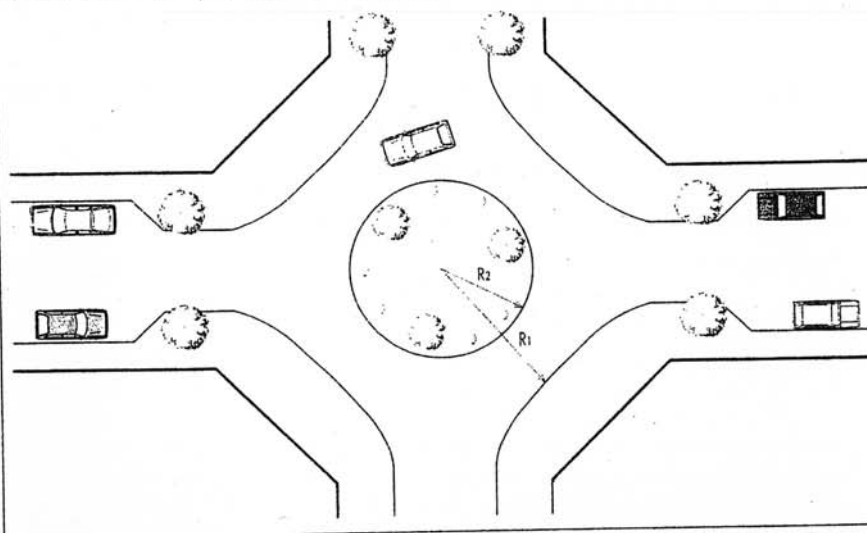
de esta medida en dos centenares de lugares llevaron a la conclusión de que efectivamente la reducción de la accidentalidad puede llegar a ser muy elevada; aunque la disminución del número de accidentes era menor en el caso de los ciclistas y ciclomotoristas (Schoon y van Minnen, 1994).

En el caso de los peatones, las glorietas frente a los efectos de los semáforos, no interrumpen el flujo del tráfico y, por

ello, crean más dificultades para el cruce de los peatones más desprotegidos. Por eso suelen recomendarse allí donde el flujo peatonal no es muy elevado, como es el caso de las entradas a los núcleos urbanos.

La capacidad de las glorietas se ha mostrado incluso superior a la de las intersecciones semaforizadas y, por tanto, no tienen por qué calmar el tráfico en un sentido integral sino plantearse como una fórmula para

Glorieta recomendada para "áreas 30" en Holanda.

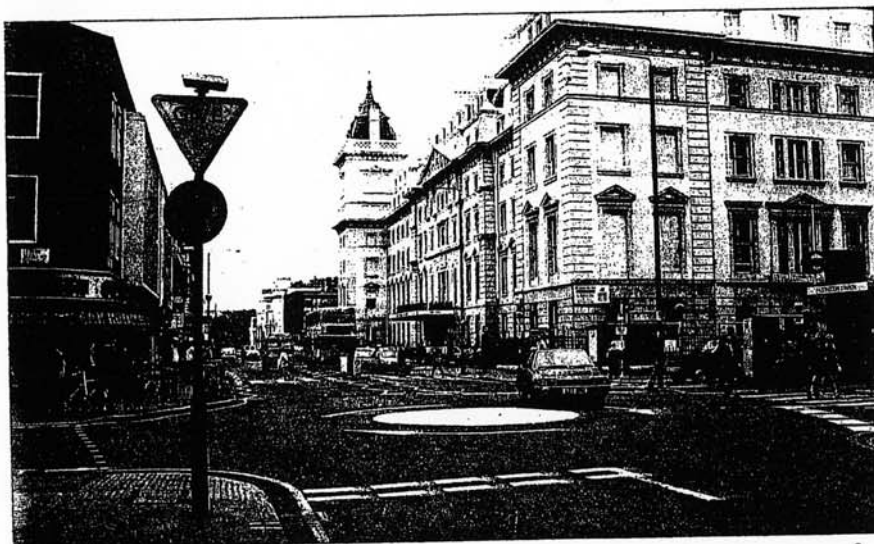
**Observaciones:**

Requieren elementos verticales en la isleta central. Cuando el radio interior (R_2) es mayor que la mitad de la anchura de la calzada no debe existir visibilidad a través de la isleta central.

Radio exterior (R_1): 10 metros.

Radio interior (R_2): 6 metros.

La presencia significativa de autobuses o vehículos pesados puede obligar a reconsiderar las medidas.



reducir la velocidad de circulación sin poner en cuestión el volumen de vehículos que acceden a la intersección.

Miniglorietas.

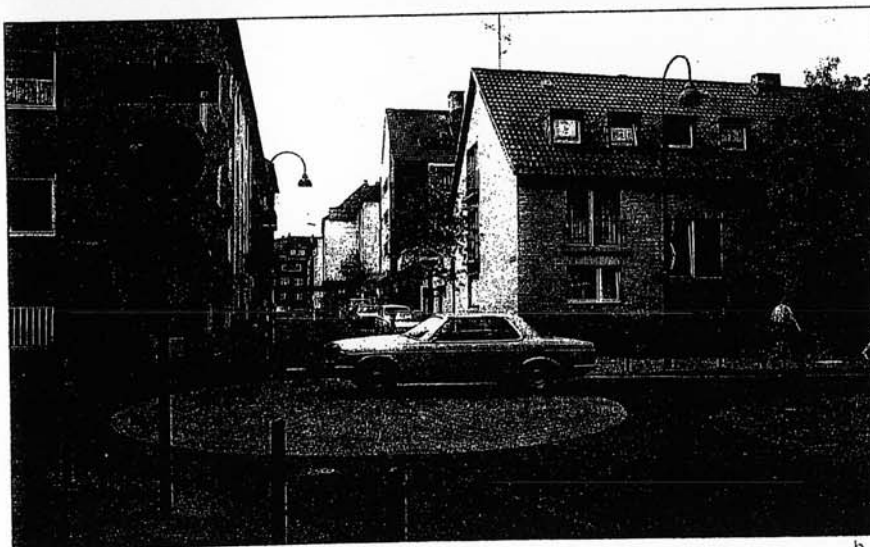
Siguiendo el criterio del Reino Unido, se denominan miniglorietas a las intersecciones giratorias en las que el radio del círculo central es inferior a los 4 metros.

Cuando las dimensiones se hacen estrictas pero se quiere mantener cierta flexibilidad para el paso de vehículos de gran tamaño, se construye una parte o todo el islote central de la glorieta de manera que puede ser "pisado" o "montado" por los vehículos de mayores dimensiones.

Fundamentos:

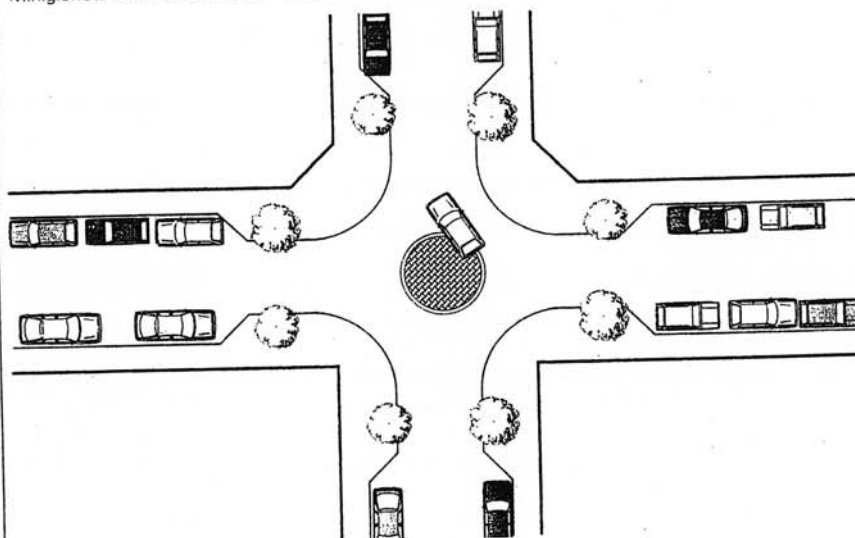
Las glorietas y miniglorietas contribuyen a disminuir las velocidades de aproximación a las intersecciones en la medida en que obligan a los usuarios de la vía a modificar su trayectoria y estrechan su campo de visibilidad libre de obstáculos.

Al disolver las reglas de prioridad habituales contribuyen a disolver la jerarquía del viario que accede a ellas.



Miniglorietas franqueables en Londres y Colonia.

Miniglorieta recomendada para "áreas 30" en Holanda.

**Observaciones:**

La instalación de elementos verticales en la isleta central depende del espacio disponible para maniobras. Si dicho espacio es muy limitado el área central de la intersección debe establecerse al mismo nivel de las aceras.

Es esencial la diferenciación de la isleta mediante color y tratamiento superficial diferente.

Altura de la cumbre: 0,12 metros.
Diámetro de la isleta central igual a la anchura de la calzada

Criterios de localización:

Se recomienda su implantación sólo en vías urbanas en las que la velocidad de aproximación no supere los 30-50 km/h.

Características geométricas:

El radio de la calzada alrededor del islote central puede tener entre 7,5 y 12 metros (CETUR, 1990), mientras que la

altura de este último puede alcanzar los 10-15 cm., para radios de 1,5-2,5 metros, con gradientes máximos del 6%.

Señalización:

Cuando no existe un elemento prominente en el islote central la señalización debe contribuir a la percepción del dispositivo. Igualmente su color y el material de su construcción deben servir para anunciarlo. En el círculo exterior del

islote pueden implantarse puntos o bandas de resalte para reforzar su presencia

Hasta que las glorietas formen parte de la cultura circulatoria de este país es recomendable recordar a los conductores la pérdida de la prioridad al entrar en ellas. Habitualmente se instalan señales de precaución con una placa complementaria informando de que "Ud. no tiene prioridad".

Notas correspondientes al capítulo 6.

(19) La relación entre iluminación y seguridad debe analizarse en toda su complejidad, es decir, la

iluminación incrementa la visibilidad pero, al mismo tiempo, estimula la autoconfianza, la relajación de la conducción y el incremento de la velocidad de circulación.

"Todo exceso en materia de iluminación podría por tanto perjudicar la seguridad: una gran comodidad de la circulación favorece las velocidades excesivas" (CETUR, 1989, p.61).